

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-109856

(P2004-109856A)

(43) 公開日 平成16年4月8日(2004.4.8)

(51) Int.Cl.⁷

G02F 1/1339

F I

G02F 1/1339 500

テーマコード(参考)

2H089

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2002-275456 (P2002-275456)
 (22) 出願日 平成14年9月20日(2002.9.20)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100089037
 弁理士 渡邊 隆
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100110364
 弁理士 実広 信哉
 (72) 発明者 鷲澤 岳人
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 (72) 発明者 百瀬 洋一
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

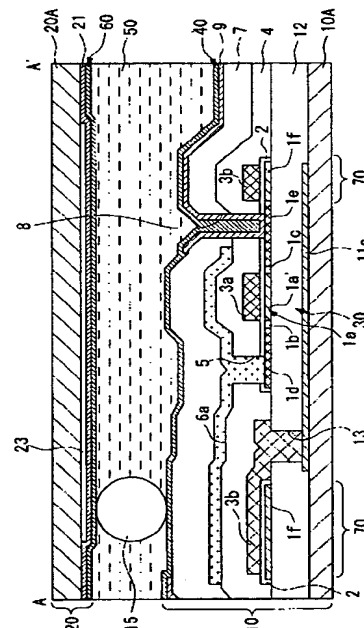
(54) 【発明の名称】 液晶装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 基板間隔を基板面内で均一化することができ、表示品位に優れた液晶装置を安定して製造する方法を提供する。

【解決手段】 本発明の液晶装置の製造方法は、スペーサー分散液をインクジェット装置を用いて基板上の所定の位置に滴下する工程と、滴下された液滴中の溶媒を蒸発させることにより、スペーサーの配置密度が50～300個/mm²であり、かつ、インクジェット装置の1滴の滴下点あたり平均で0.2～3個のスペーサーが存在するようにスペーサーを配置する工程と、スペーサーを配置した基板と残りの基板とを貼り合わせる工程とを有している。そして、インクジェット装置における液滴吐出ノズルの開口径を10μm以上、100μm以下とすることを特徴とする。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一対の基板がシール材を介して対向配置され、前記一対の基板と前記シール材とにより囲まれた空間に液晶とスペーサーとが封入されてなる液晶装置の製造方法であって、前記スペーサーを所定の溶媒中に分散させたスペーサー分散液を、液滴吐出装置を用いて前記一対の基板のうちのいずれか一方の基板上の所定の位置に滴下する工程と、前記基板上に滴下された液滴中の前記溶媒を蒸発させることにより、前記スペーサーの配置密度が $50 \sim 300$ 個/ mm^2 であり、かつ、前記液滴吐出装置の 1 滴の滴下点あたり平均で $0.2 \sim 3$ 個のスペーサーが存在するように前記スペーサーを配置する工程と、前記スペーサーを配置した基板と残りの基板とを貼り合わせる工程とを有し、前記液滴吐出装置における液滴吐出ノズルの開口径を $10 \mu\text{m}$ 以上、 $100 \mu\text{m}$ 以下とすることを特徴とする液晶装置の製造方法。

10

【請求項 2】

前記液滴吐出ノズルの開口径を $10 \mu\text{m}$ 以上、 $30 \mu\text{m}$ 以下とすることを特徴とする請求項 1 に記載の液晶装置の製造方法。

【請求項 3】

前記液滴吐出ノズルの開口径を前記スペーサーの径の 2 倍以上とすることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の液晶装置の製造方法。

【請求項 4】

前記スペーサーを非画素領域に配置することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の液晶装置の製造方法。

20

【請求項 5】

前記スペーサーの少なくとも表面を着色することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載の液晶装置の製造方法。

【請求項 6】

前記スペーサーの表面に液晶の配向を規制する処理を施すことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の液晶装置の製造方法。

【請求項 7】

前記スペーサーの表面にスペーサー自身が基板上に固着されるための固着層を設けることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか一項に記載の液晶装置の製造方法。

30

【請求項 8】

前記スペーサー分散液を基板上に滴下する工程において、基板上に滴下された際の液滴の直径よりも大きな寸法間隔で液滴を滴下することを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか一項に記載の液晶装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、液晶装置の製造方法に関し、特に一対の基板間にスペーサーを配設する技術に関するものである。

【0002】

40

【従来の技術】

従来の液晶装置として、下基板と上基板とがそれぞれの基板の周縁部においてシール材を介して貼着され、これら一対の基板間に液晶層が封入された構成のものがある。この場合、基板間隔を基板面内において均一に保持するために、一対の基板間に樹脂ボール、ガラスボール、もしくは樹脂で形成された柱状体等からなるスペーサーを配置する技術が知られている。

【0003】

このような液晶装置は、通常、以下のような工程を経て製造される。まず、下基板、上基板のそれぞれに電極や配向膜等を積層形成した後、例えば下基板の周縁部に液晶注入口となる開口部を形成した形で未硬化のシール材を印刷し、同じ基板もしくはもう一方の基板

50

の表面上にスペーサーを散布してから、シール材を介して下基板と上基板とを貼着することによって空の液晶セルを作製する。そして、未硬化のシール材を硬化し、さらに、真空注入法を用いてシール材に予め形成しておいた液晶注入口から液晶セル内に液晶を注入し、その後、注入口を封止材によって封止する。最後に、下基板および上基板の外面に位相差板や偏光板等の光学フィルムを貼り合わせて液晶装置が製造される。

【0004】

上記の製造工程のうち、スペーサーの散布工程については、例えばスペーサーを所定の溶媒中に分散させたスペーサー分散液を噴霧しながら基板上に均一に散布するという方法が従来から採用されていた。これに対して、インクジェット法（液滴吐出法）を用いて液晶セル内の特定領域にスペーサーを配置する技術が、提案されている（例えば、特許文献1）。また、スペーサーは基板間隔を均一に保持する役目を果たす一方、画素領域に配置された場合には光抜けの原因や液晶の配向不良の原因となるなど、表示にとって悪影響を及ぼすことになる。そのため、液晶セル内の非画素領域にのみ選択的にスペーサーを配置した液晶表示装置（例えば、特許文献2）や製造方法（例えば、特許文献3）、インクジェット法を用いて非画素領域にスペーサーを配置する方法（例えば、特許文献4）などが提案されている。さらに、インクジェット方式を用いた具体的なスペーサー定点配置装置も提案されている（例えば、特許文献5）。

【0005】

【特許文献1】

特開2001-188235号公報

【特許文献2】

特開昭54-107754号公報

【特許文献3】

特開平2-308224号公報

【特許文献4】

特開平9-105946号公報

【特許文献5】

特開2002-72218号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

このように、表示に直接寄与しない非画素領域にスペーサーを配置するという手法は、従来から知られている。また、スペーサーは基板間隔を均一に保持するという観点から液晶セル内に所定の個数以上を配置することが必要となるが、その一方、表示への悪影響を考慮すると必要最低限の個数とすることが好ましい。このような観点から従来の技術を見ると、上記の公報に記載された技術は、いずれもスペーサーの最適な配置個数（配置密度）に関しては全く検討されていなかった。したがって、基板面内でのセル厚（基板間隔）ムラに起因する表示ムラやスペーサーの存在による光抜け、配向不良等に起因するコントラスト低下を抑制し、表示品位をより向上させるべく、最適なスペーサーの配置個数（配置密度）の目安が求められていた。

【0007】

それと同時に、このようなスペーサーの配置個数の制御をインクジェット法により安定的に行える方法の提供が望まれていた。すなわち、インクジェット法は元来インク（液体）のみを飛ばすものであったが、スペーサーのような固形物を含有する分散液を一定の領域にのみ飛ばすためには、インクジェット装置のノズルの開口径を最適化する必要がある。しかしながら、このようなスペーサー分散液にとって最適なノズルの開口径については従来から指標がなかった。

【0008】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであって、インクジェット装置等の液滴吐出装置を用いて基板面内の定点にスペーサーを配置するに際して、スペーサーの配置個数（配置密度）を最適化することによって表示品位に優れた液晶装置を安定して製造する方法

10

20

30

40

50

を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の液晶装置の製造方法は、一対の基板がシール材を介して対向配置され、前記一対の基板と前記シール材とにより囲まれた空間に液晶とスペーサーとが封入されてなる液晶装置の製造方法であって、スペーサーを所定の溶媒中に分散させたスペーサー分散液を、液滴吐出装置を用いて一対の基板のうちのいずれか一方の基板上の所定の位置に滴下する工程と、基板上に滴下された液滴中の溶媒を蒸発させることにより、スペーサーの配置密度が $50 \sim 300$ 個/ mm^2 であり、かつ、液滴吐出装置の1滴の滴下点あたり平均で $0.2 \sim 3$ 個のスペーサーが存在するようにスペーサーを配置する工程と、スペーサーを配置した基板と残りの基板とを貼り合わせる工程とを有し、液滴吐出装置における液滴吐出ノズルの開口径を $10 \mu\text{m}$ 以上、 $100 \mu\text{m}$ 以下とすることを特徴とする。液滴吐出ノズルの開口径は、 $10 \mu\text{m}$ 以上、 $30 \mu\text{m}$ 以下とするのがより望ましい。

10

【0010】

本発明者らは、[発明が解決しようとする課題]の項に記載した「最適なスペーサーの配置個数(配置密度)」について鋭意検討した結果、以下のような結果を得た。すなわち、スペーサーの配置密度を $50 \sim 300$ 個/ mm^2 とし、かつ、スペーサーが単体もしくは凝集体もしくはこれら単体と凝集体とが混在した状態で存在する1点あたりの平均で $0.2 \sim 3$ 個のスペーサーが存在する配置とすれば、スペーサーによる表示品位の低下を充分に抑制し、表示品位を向上することができる。

20

【0011】

なお、本発明の液晶装置の製造方法では、スペーサーを所定の溶媒中に分散させたスペーサー分散液を、液滴吐出装置を用いて基板上に滴下しており、溶液1滴毎にランダムな個数のスペーサーが含まれている。そして、滴下後、溶媒を蒸発させることによって基板上にスペーサーが残存する。このとき、液滴吐出装置を用いているので、スペーサーは、基板上に不規則に配置されることはなく、一方向に延びる互いに平行な複数の仮想線に沿って点状に孤立して配列されることになる。

【0012】

上記の各数値範囲の根拠については[実施例]の項でそれぞれ詳述するが、スペーサーの配置密度が 50 個/ mm^2 よりも小さくなると、スペーサーによって基板間隔が十分に保持されず、セル厚ムラが顕著になって表示品位が著しく低下する。また、スペーサーの配置密度が 300 個/ mm^2 よりも大きくなると、低温時に液晶中に気泡が発生する。これは真空気泡と呼ばれる不良となる。その原因はスペーサーに比べて液晶は熱膨張率が大きいので、低温状態では液晶層中に真空状態となる箇所が局所的に発生するが、スペーサーが多すぎると、基板が内側に凹むように追従できず、真空状態の箇所が残ってしまうからである。

30

【0013】

また、液滴吐出装置によって吐出される液滴の1点あたりのスペーサーの個数の平均が 0.2 個より少ないと、1点中にスペーサーが存在しない箇所が多くなり過ぎてスペーサーの配置にバラツキが生じ、セル厚ムラが顕著になることで表示品位が著しく低下する。また、1点あたりの平均が 3 個より多いと、スペーサーが凝集体の形で存在するものが多くなり過ぎ、セル厚ムラの原因になるとともに光抜けが多く生じるようになり、表示品位が著しく低下する。

40

【0014】

さらに、液滴吐出ノズルの開口径が $10 \mu\text{m}$ より小さいと、一般的に用いられる $2 \sim 10 \mu\text{m}$ 程度の径のスペーサーがノズルに詰まったり、飛ばしたい数のスペーサーを安定して1滴の液滴中に込めて打ち出すことができない。逆に、ノズルの開口径が $100 \mu\text{m}$ より大きいと、液滴がきれいな円形ではなく、尾を引いたような形状となることや、液量が多すぎて隣接する液滴と交わることなどによって結果的にスペーサーが所望の位置に配置さ

50

れない確率が高くなる。

【0015】

液滴吐出ノズルの開口径をスパーサーの径の2倍以上とすることが望ましい。ノズルの開口径がスパーサーの径の2倍より小さいと、スパーサーがノズルに詰まったり、定点に配置されるスパーサーの個数のばらつきが大きくなるからである。

【0016】

スパーサーは、非画素領域に配置することが望ましい。

スパーサーが表示領域内に存在していると、液晶の配向不良や光抜け等を引き起こし、表示品位を大きく低下させるため、表示に直接寄与しない非画素領域に配置することによって表示品位を飛躍的に向上させることができる。さらに、非画素領域に対応して遮光層を設けると、より確実に光抜け等の表示不良を防止することができる。

10

【0017】

また、スパーサーの少なくとも表面を着色してもよい。

例えば当該液晶装置を液晶表示装置として用いた場合、黒表示（暗表示）を行う際に、配設されたスパーサーから光が抜け、その部分が白表示（明表示）となってしまう場合があるが、上記のようにスパーサーに対して着色を施すことで、特に黒に着色したスパーサーを用いることで黒表示（暗表示）を確実に行うことが可能となる。

【0018】

また、スパーサーの表面に、液晶の配向を規制する処理を施してもよい。

すなわち、スパーサーの表面付近においては液晶の配向乱れが生じ、コントラストの低下が生じる場合があるが、このようにスパーサーの表面に配向規制手段を具備することで、スパーサー表面付近においても液晶を配向させることが可能となる。その結果、光抜けの発生を防止し、ひいてはコントラスト低下等の不具合の生じ難い液晶装置を提供することができる。なお、配向規制手段としては、例えばシランカップリング剤等を用いて、スパーサー表面に長鎖のアルキル基を付与したもの等を例示することができる。

20

【0019】

さらに、スパーサーの表面に、スパーサー自身が基板上に固着されるための固着層を設けてもよい。固着層の材料の一例としては、熱硬化型樹脂を用いることができる。

このように熱硬化型樹脂をスパーサーの表面に形成し、例えば基板間の所定位置にスパーサーを配設した後に熱処理を施すことにより、基板に対しスパーサーを安定して固着させることが可能となり、例えばスパーサーが浮遊して所定位置からズレてしまう等の不具合の発生を防止することが可能となる。

30

【0020】

スパーサー分散液を基板上に滴下する工程においては、基板上に滴下された際の液滴の直径よりも大きな寸法間隔で液滴を滴下することが望ましい。

液滴吐出法によってスパーサーを定点に配置できる原理は、基板上の所定の位置にスパーサーを含む液滴が滴下された後、溶媒を蒸発させるが、この時、液滴の周縁部から徐々に溶媒が蒸発して液滴の中心部が小さくなっていくのに伴ってスパーサーも中心部に集まることによって液滴の中心部近傍にスパーサーが配置されることによる。よって、基板上に滴下された液滴は個々に独立して存在していることが重要であり、そのため、基板上に滴下された際の液滴の直径よりも大きな寸法間隔で液滴を滴下することが望ましいのである。仮に複数の液滴がつながってしまうと、スパーサーの位置は不確定になり、必ずしも各液滴の中心に位置しなくなってしまうからである。

40

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施の形態について図面を参照しつつ説明する。

〔液晶装置〕

最初に、本実施の形態の液晶装置の製造方法によって得られる液晶装置について説明する。

以下に示す液晶装置は、スイッチング素子としてTFT（Thin Film Transistor）を用いたものである。50

s i s t o r) 素子を用いたアクティブマトリクスタイプの透過型液晶装置である。図 1 は本実施形態の透過型液晶装置のマトリクス状に配置された複数の画素におけるスイッチング素子、信号線等の等価回路図である。図 2 はデータ線、走査線、画素電極等が形成された T F T アレイ基板の相隣接する複数の画素群の構造を示す要部平面図である。図 3 は図 2 の A - A' 線断面図で、図 4 は本実施形態の透過型液晶装置全体の平面構造について示す全体平面図である。なお、図 3 においては、図示上側が光入射側、図示下側が視認側（観察者側）である場合について図示している。また、各図においては、各層や各部材を図面上で認識可能な程度の大きさとするため、各層や各部材毎に縮尺を異ならせてある。

【0022】

本実施の形態の液晶装置において、図 1 に示すように、マトリクス状に配置された複数の画素には、画素電極 9 と当該画素電極 9 への通電制御を行うためのスイッチング素子である T F T 素子 3 0 とがそれぞれ形成されており、画像信号が供給されるデータ線 6 a が当該 T F T 素子 3 0 のソースに電氣的に接続されている。データ線 6 a に書き込む画像信号 S 1、S 2、…、S n は、この順に線順次に供給されるか、あるいは相隣接する複数のデータ線 6 a に対してグループ毎に供給される。

【0023】

また、走査線 3 a が T F T 素子 3 0 のゲートに電氣的に接続されており、複数の走査線 3 a に対して走査信号 G 1、G 2、…、G m が所定のタイミングでパルス的に線順次で印加される。また、画素電極 9 は T F T 素子 3 0 のドレインに電氣的に接続されており、スイッチング素子である T F T 素子 3 0 を一定期間だけオンすることにより、データ線 6 a から供給される画像信号 S 1、S 2、…、S n を所定のタイミングで書き込む。

【0024】

画素電極 9 を介して液晶に書き込まれた所定レベルの画像信号 S 1、S 2、…、S n は、後述する共通電極との間で一定期間保持される。液晶は、印加される電圧レベルにより分子集合の配向や秩序が変化することにより、光を変調し、階調表示を可能にする。ここで、保持された画像信号がリークすることを防止するために、画素電極 9 と共通電極との間に形成される液晶容量と並列に蓄積容量 7 0 が付加されている。

【0025】

次に、図 2 に基づいて、本実施の形態の液晶装置の要部の平面構造について説明する。図 2 に示すように、T F T アレイ基板上にインジウム錫酸化物（I n d i u m T i n O x i d e、以下、I T O と略記する）等の透明導電性材料からなる矩形状の画素電極 9（点線部 9 A により輪郭を示す）が複数、マトリクス状に設けられており、画素電極 9 の縦横の境界に各々沿ってデータ線 6 a、走査線 3 a および容量線 3 b が設けられている。本実施の形態において、各画素電極 9 および各画素電極 9 を囲むように配設されたデータ線 6 a、走査線 3 a、容量線 3 b 等が形成された領域が画素であり、マトリクス状に配置された各画素毎に表示を行うことが可能な構造になっている。

【0026】

データ線 6 a は、T F T 素子 3 0 を構成する例えばポリシリコン膜からなる半導体層 1 a のうち、後述のソース領域にコンタクトホール 5 を介して電氣的に接続されており、画素電極 9 は、半導体層 1 a のうち、後述のドレイン領域にコンタクトホール 8 を介して電氣的に接続されている。また、半導体層 1 a のうち、後述のチャネル領域（図中左上がりの斜線の領域）に対向するように走査線 3 a が配置されており、走査線 3 a はチャネル領域に対向する部分でゲート電極として機能する。

【0027】

容量線 3 b は、走査線 3 a に沿って略直線状に伸びる本線部（すなわち、平面的に見て、走査線 3 a に沿って形成された第 1 領域）と、データ線 6 a と交差する箇所からデータ線 6 a に沿って前段側（図中上向き）に突出した突出部（すなわち、平面的に見て、データ線 6 a に沿って延設された第 2 領域）とを有する。そして、図 2 中、右上がりの斜線で示した領域には、複数の第 1 遮光膜 1 1 a が設けられている。

【0028】

10

20

30

40

50

次に、図3に基づいて、本実施の形態の液晶装置の断面構造について説明する。図3は上述した通り、図2のA-A'線に沿う断面図であり、TFT素子30が形成された領域の構成について示す断面図である。本実施の形態の液晶装置においては、TFTアレイ基板10と、これに対向配置される対向基板20との間に液晶層50が挟持されている。

【0029】

液晶層50は、強誘電性液晶であるスメクティック液晶にて構成され、電圧変化に対する液晶駆動の応答性が速いものとされている。TFTアレイ基板10は、石英等の透光性材料からなる基板本体10Aと、その液晶層50側表面に形成されたTFT素子30、走査線3a、容量線3b、データ線6a、画素電極9、配向膜40などから構成されている。対向基板20は、ガラスや石英等の透光性材料からなる基板本体20Aと、その液晶層50側表面に形成された共通電極21と配向膜60などから構成されている。そして、各基板10、20は、スペーサー15を介して所定の基板間隔が保持されている。図3においては、データ線6aの上方に単体で存在しているスペーサー15を図示しているが、本実施の形態ではこのようにスペーサー15が非画素領域に配置されている。なお、「非画素領域」とは、データ線6a、走査線3a、容量線3b等の配線やTFT素子30が形成され、実質的に表示に寄与しない領域のことである。

【0030】

TFTアレイ基板10において、基板本体10Aの液晶層50側表面には画素電極9が設けられ、各画素電極9に隣接する位置に、各画素電極9をスイッチング制御する画素スイッチング用のTFT素子30が設けられている。TFT素子30は、LDD(Lightly Doped Drain)構造を有しており、走査線3a、当該走査線3aからの電界によりチャンネルが形成される半導体層1aのチャンネル領域1a'、走査線3aと半導体層1aとを絶縁するゲート絶縁膜2、データ線6a、半導体層1aの低濃度ソース領域1bおよび低濃度ドレイン領域1c、半導体層1aの高濃度ソース領域1dおよび高濃度ドレイン領域1eを備えている。

【0031】

上記走査線3a上、ゲート絶縁膜2上を含む基板本体10A上には、高濃度ソース領域1dへ通じるコンタクトホール5、および高濃度ドレイン領域1eへ通じるコンタクトホール8が開孔した第2層間絶縁膜4が形成されている。つまり、データ線6aは、第2層間絶縁膜4を貫通するコンタクトホール5を介して高濃度ソース領域1dに電氣的に接続されている。

【0032】

さらに、データ線6a上および第2層間絶縁膜4上には、高濃度ドレイン領域1eへ通じるコンタクトホール8が開孔した第3層間絶縁膜7が形成されている。すなわち、高濃度ドレイン領域1eは、第2層間絶縁膜4および第3層間絶縁膜7を貫通するコンタクトホール8を介して画素電極9に電氣的に接続されている。

【0033】

本実施の形態では、ゲート絶縁膜2を走査線3aに対向する位置から延設して誘電体膜として用い、半導体膜1aを延設して第1蓄積容量電極1fとし、更にこれらに対向する容量線3bの一部を第2蓄積容量電極とすることにより、蓄積容量70が構成されている。

【0034】

また、TFTアレイ基板10の基板本体10Aの液晶層50側表面において、各画素スイッチング用TFT素子30が形成された領域には、TFTアレイ基板10を透過し、TFTアレイ基板10の図示下面(TFTアレイ基板10と空気との界面)で反射されて、液晶層50側に戻る戻り光が、少なくとも半導体層1aのチャンネル領域1a'および低濃度ソース、ドレイン領域1b、1cに入射することを防止するための第1遮光膜11aが設けられている。

【0035】

また、第1遮光膜11aと画素スイッチング用TFT素子30との間には、画素スイッチング用TFT素子30を構成する半導体層1aを第1遮光膜11aから電氣的に絶縁する

10

20

30

40

50

ための第1層間絶縁膜12が形成されている。さらに、図2に示したように、TFTアレ
イ基板10に第1遮光膜11aを設けるのに加えて、コンタクトホール13を介して第1
遮光膜11aは、前段あるいは後段の容量線3bに電氣的に接続するように構成されてい
る。

【0036】

さらに、TFTアレイ基板10の液晶層50側最表面、すなわち、画素電極9および第3
層間絶縁膜7上には、電圧無印加時における液晶層50内の液晶分子の配向を制御する配
向膜40が形成されている。したがって、このようなTFT素子30を具備する領域にお
いては、TFTアレイ基板10の液晶層50側最表面、すなわち液晶層50の挟持面には
複数の凹凸ないし段差が形成された構成となっている。

10

【0037】

他方、対向基板20には、基板本体20Aの液晶層50側表面であって、データ線6a、
走査線3a、画素スイッチング用TFT素子30の形成領域に対向する領域、すなわち各
画素部の開口領域以外の領域に、入射光が画素スイッチング用TFT素子30の半導体層
1aのチャンネル領域1a'や低濃度ソース領域1b、低濃度ドレイン領域1cに侵入する
ことを防止するための第2遮光膜23が設けられている。さらに、第2遮光膜23が形成
された基板本体20Aの液晶層50側には、その略全面にわたって、ITO等からなる共
通電極21が形成され、その液晶層50側には、電圧無印加時における液晶層50内の液
晶分子の配向を制御する配向膜60が形成されている。

【0038】

20

なお、図4は、本実施の形態の液晶装置100の全体構成について概略の一例を示す平面
模式図であって、TFTアレイ基板10と対向基板20の間には、閉環状のシール材93
により封止する形にて液晶層50が形成されている。すなわち、本実施の形態の液晶装置
100において、シール材93は、液晶を注入するための注入口を具備しておらず、基板
10、20の面内領域において閉ざされた枠形状であって、基板10、20の外縁に露出
することなく、基板10、20の外縁に向けた開口を具備しない閉口枠形状に形成されて
いる。

【0039】

本実施の形態においては、上述した通り、液晶層50を挟持する一対の基板10、20間
の非画素領域にはスペーサー15が配置され、図4に示すシール材93の内側の領域にお
いて、スペーサーの配置密度は50~300個/mm²であり、かつ、スペーサーが単体
もしくは凝集体の状態で存在する1点あたりの平均で0.2~3個のスペーサーが存在し
ている。

30

【0040】

図5、図6は基板面内におけるスペーサー15の配置を示す図であって、図5(a)、(b)
は液滴1点あたりの平均で0.2個のスペーサーが存在しているイメージ(つまり、
液滴10点に対して2個のスペーサーが存在している)、図6(a)、(b)は1点あた
りの平均で3個のスペーサーが存在しているイメージ(つまり、液滴10点に対して30
個のスペーサーが存在している)をそれぞれ示している。図5(a)、図6(a)は滴下
直後、図5(b)、図6(b)は溶媒を蒸発させた後の状態であり、ハッチングを付した
符号17の円は基板上に滴下した液滴を示し、符号15の円はスペーサーを示している。

40

【0041】

これらの図に示すように、スペーサー15は、後述するインクジェット装置を用いて配置
されるので、全く不規則に配置されることはなく、画素領域19の外側にあたる非画素領
域18において、少なくとも一方向に延びる互いに平行な複数の仮想線Kに略沿うように
孤立して配列されることになる。図5(a)、(b)から明らかなように、液滴1点あた
りの平均で0.2個のスペーサーが存在しているということは、言い換えると、任意の液
滴10点に対して1個のスペーサーが含まれている液滴が2点あり、残りの8点の液滴に
はスペーサーが含まれていないということである。また、図6(a)、(b)からも明ら
かなように、1点毎の液滴17に含まれるスペーサー15の数までは制御できず、例えば

50

平均 3 個といっても全ての液滴に 3 個ずつのスペーサー 15 が含まれるわけではない。したがって、液滴 1 点中のスペーサー 15 は、単体もしくは凝集体もしくはこれら単体と凝集体が混在した状態で存在している。

【0042】

本実施の形態の液晶装置においては、スペーサー 15 の配置が最適化され、その配置密度が $50 \sim 300$ 個/ mm^2 とされ、かつ、液滴 1 点あたりの平均で 0.2～3 個のスペーサー 15 が存在する配置とされているので、スペーサー 15 による光抜け、コントラスト低下などの不具合が十分に抑制され、表示品位を向上させることができる。

【0043】

例えば、スペーサー 15 の配置密度が 50 個/ mm^2 よりも小さくなると、基板間隔がスペーサー 15 によって十分に保持されず、セル厚ムラが顕著になることで表示品位が著しく低下する。逆に、スペーサー 15 の配置密度が 300 個/ mm^2 よりも大きくなると、低温時に真空気泡と呼ばれる不良が発生する。また、液滴 1 点あたりの平均個数が 0.2 個より少ないと、1 点中にスペーサー 15 が存在しない点が多くなり過ぎてスペーサー 15 の配置にバラツキが生じ、セル厚ムラが顕著になることで表示品位が著しく低下する。逆に、1 点あたりの平均個数が 3 個より多いと、例えば図 7 に示すように、スペーサー 15 が凝集体の形で存在するものが多くなりすぎ、巨大なスペーサー凝集体 15A が非画素領域 18 からはみ出して画素領域 19 に位置する場合がある。その結果、セル厚ムラの原因になるばかりでなく、光抜けや配向不良の度合いがひどくなり、表示品位が著しく低下する。

【0044】

なお、本実施の形態では白黒表示を前提とした構成としているが、カラー表示を行うべく、カラーフィルタ層を形成することもできる。すなわち、上基板（対向基板）20 の内面に、着色層と遮光層（ブラックマトリクス）とを備えたカラーフィルタ層を設け、カラーフィルタ層を保護する保護層を順次形成し、さらに保護層上に共通電極 21 を形成することができる。表示領域においては、各々異なる色、例えば赤（R）、緑（G）、青（B）の着色層を備えており、したがって、各色の表示領域により画素が構成され、画素毎にカラー表示が可能となる。また、本実施の形態ではアクティブマトリクスタイプの液晶装置を例示したが、例えば単純マトリクスタイプの液晶装置にも本発明に係る構成を採用することも可能である。

【0045】

次に、本実施の形態の液晶装置に用いるスペーサー 15 の構成について説明する。スペーサー 15 は、例えば二酸化珪素やポリスチレン等からなる球状部材にて構成することができる。スペーサー 15 の直径は、液晶装置に封入される液晶層 50 の厚み（セル厚、すなわち基板間隔）に合わせて設定され、例えば $2 \sim 10 \mu\text{m}$ の範囲内から選択される。

【0046】

スペーサー 15 としては、図 8 に示すように、表面に熱硬化性樹脂層 150 が付与された構成のものを採用することができる。この場合、熱硬化性樹脂の硬化によりスペーサー 15 が下基板（TFT アレイ基板）10 と上基板（対向基板）20 に対して確実に固着されるようになる。例えば、当該液晶装置の製造工程において、液晶を滴下した基板（例えば TFT アレイ基板 10）とは異なる基板（対向基板 20）上にスペーサー 15 を散布した後、熱処理を行い、熱硬化性樹脂を硬化させることにより、対向基板 20 に対してスペーサー 15 を固着させることができる。

【0047】

また、スペーサー 15 の表面には、例えば図 9 に示すように、長鎖のアルキル基を付与した表面処理層 151 を設けることができる。長鎖のアルキル基を付与した表面処理層 151 を設ける手段としては、例えばシランカップリング剤を用いて表面処理を行うことが挙げられる。図 11（a）に示すように、表面処理層 151 の設けられていないスペーサー 15 を用いた場合、スペーサー 15 表面付近において液晶分子の配向が乱れ、その部分において光漏れが生じる場合がある。一方、図 11（b）に示すように、表面処理層 151

10

20

30

40

50

の設けられたスペーサー 15 a を用いた場合には、スペーサー 15 a 表面付近において液晶分子を所定の方向に配向（本実施の形態の場合は垂直配向）することが可能となり、その部分において光漏れが生じ難いものとなる。

【0048】

さらに、スペーサーには着色を施すことが可能で、図 10 に示したスペーサー 15 b は、黒色に着色されたスペーサーの一例を示している。例えば図 12 (a) に示すように、無着色スペーサー 15 を用いると、黒表示（暗表示）時にスペーサーに対応して白色の点表示が発生することとなり、場合によってはコントラスト低下の一因となる場合がある。これに対して、図 12 (b) に示すように、図 10 に示したような着色スペーサー 15 b を用いることで、黒表示（暗表示）時にスペーサーに対応する白色の点表示が発生しないものとなる。なお、白表示（明表示）時にスペーサーに対応する黒色の点表示が発生することとなるが、黒表示（暗表示）時の白色の点表示発生に比してコントラスト低下に対する影響は小さいものとなる。

10

【0049】

〔液晶装置の製造方法〕

次に、本実施の形態に示した液晶装置の製造方法について、その一例を図 3、図 13～図 17 を参照しつつ説明する。

まず、図 13 のステップ S1 に示すように、ガラス等からなる下側の基板本体 10 A 上に遮光膜 11 a、第 1 層間絶縁膜 12、半導体層 1 a、チャネル領域 1 a'、低濃度ソース領域 1 b、低濃度ドレイン領域 1 c、高濃度ソース領域 1 d、高濃度ドレイン領域 1 e、蓄積容量電極 1 f、走査線 3 a、容量線 3 b、第 2 層間絶縁膜 4、データ線 6 a、第 3 層間絶縁膜 7、コンタクトホール 8、画素電極 9、配向膜 40 を形成し、下基板（TFT アレイ基板）10 を作成する。また、上側の基板本体 20 A 上にも遮光膜 23、対向電極 21、配向膜 60 を形成し、上基板（対向基板）20 を作成する。

20

【0050】

次に、図 13 のステップ S2 において、下基板（TFT アレイ基板）10 上に、当該液晶装置のセル厚に見合った所定量の液晶を滴下する。続いて、図 13 のステップ S3 において、上基板 20 上にシール材 93 を印刷し、さらにステップ S4 において、同じく上基板 20 上にインクジェット装置（液滴吐出装置）を用いてスペーサー 15 を配置する。この場合、シール材 93 は、図 4 に示したように液晶注入口を有しない閉口枠形状に形成する。また、上述したように、スペーサー 15 の配置密度が 50～300 個/mm²、液滴 1 点あたりの平均で 0.2～3 個のスペーサー 15 が存在するように、インクジェット装置に仕込むスペーサー分散液のスペーサー濃度を調製する。

30

【0051】

また、上基板 20 上に滴下された際に基板上に広がる液滴 17 の直径よりも大きな寸法間隔で液滴 17 を滴下するように、インクジェット装置の条件を設定する必要がある。インクジェット法によってスペーサー 15 を定点に配置できるのは、インクジェット装置のヘッドから基板上の所定の位置に正確にスペーサー 15 を含む液滴 17 を滴下することに加えて、液滴 17 が滴下された後、溶媒を蒸発させるが、この時、液滴 17 の周縁部から徐々に溶媒が蒸発して液滴 17 の中心部が小さくなっていくのに伴ってスペーサー 15 も中心部に集まることによって液滴 17 の中心部近傍にスペーサー 15 が配置されるからである。よって、基板上に滴下された液滴 17 は個々に独立して存在していることが重要であり、そのため、基板上に滴下された際の液滴 17 の直径よりも大きな寸法間隔で液滴 17 を滴下することが望ましい。仮に液滴 17 の直径よりも小さな寸法間隔で液滴 17 を滴下し、例えば図 15 (a) に示すように、隣り合う液滴 17 同士がつながってしまうと、溶媒を蒸発させた際にスペーサー 15 の位置は必ずしも各液滴 17 の中心に位置しなくなり、図 15 (b) に示すように、画素領域 19 に配置されるものも生じてしまうからである。

40

【0052】

ここで用いるインクジェット装置のヘッド 26 の構造の一例を図 16 および図 17 に示す

50

。当該インクジェットヘッド26は、図16に示すように、例えばステンレス製のノズルプレート31と振動板32とを備え、両者は仕切部材(リザーバプレート)33を介して接合されている。ノズルプレート31と振動板32との間には、仕切部材33によって複数の空間34と液溜まり35とが形成されている。各空間34と液溜まり35の内部はスプレー分散液で満たされており、各空間34と液溜まり35とは供給口36を介して連通している。さらに、ノズルプレート31には、空間34からスプレー分散液を噴射するためのノズル孔37が設けられている。一方、振動板32には液溜まり35にスプレー分散液を供給するための孔38が形成されている。

【0053】

また、図17に示すように、振動板32の空間34に対向する面と反対側の面上には圧電素子39が接合されている。この圧電素子39は一对の電極41の間に位置し、通電すると圧電素子39が外側に突出するように撓曲し、同時に圧電素子39が接合されている振動板32も一体となって外側に撓曲する。これによって空間34の容積が増大する。したがって、空間34内に増大した容積分に相当するスプレー分散液が液溜まり35から供給口36を介して流入する。次に、圧電素子39への通電を解除すると、圧電素子39と振動板32はともに元の形状に戻る。これにより、空間34も元の容積に戻るため、空間34内部のスプレー分散液の圧力が上昇し、ノズル孔37から基板に向けてスプレー分散液の液滴27が吐出される。

【0054】

ここで本実施の形態の場合、図18に示すように、ノズル孔37の開口径Rが $10\mu\text{m}$ 以上、 $100\mu\text{m}$ 以下であり、かつ、スプレー15の径rに対して $R > 2r$ を満たすように設定されている。その理由は、開口径Rが $10\mu\text{m}$ より小さいと、スプレー15を含むスプレー分散液16(粘度: $1\sim 30\text{mPa}\cdot\text{s}$)の特定量を安定的に吐出できず、滴下量自体がばらつき、滴下点1点あたりのスプレーの平均個数もばらつく。逆に、開口径Rが $100\mu\text{m}$ より大きいと、液滴がきれいな円形ではなく、尾を引いたような形状となり、形状が安定しないことでスプレー15が所望の位置に配置されない確率が高くなる。また、開口径Rがスプレー15の径rの2倍より小さいと、スプレー15がノズル孔37に詰まる確率が高まり、定点配置されるスプレー15の個数のばらつきが大きくなる。

本実施の形態では、各ノズルに一つの圧電素子39と空間34が設けられているが、一つの圧電素子に複数のノズルが配置されているようなインクジェット装置のヘッドにおいても同様の効果が期待できる。

【0055】

そして、図13のステップS5において、これら下基板10と上基板20とを貼り合わせ、さらに下基板10および上基板20の外側に図示しない位相差板、偏光板等の光学フィルムを貼り合わせて、図3に示したセル構造を備える液晶装置が製造される。

【0056】

一方、製造方法の異なる例として、図14に示すような工程によって上記実施の形態の液晶装置を得ることもできる。まず、図14のステップS11に示すように、上述した図13のステップS1と同様、ガラス等からなる下側の基板本体10A上に配向膜40等を形成し、下基板(TFTアレイ基板)10を作成する。また、上側の基板本体20A上にも配向膜60等を形成し、上基板(対向基板)20を作成する。

【0057】

次に、図14のステップS12において、下基板(TFTアレイ基板)10上に上記同様、液晶注入口を有しない閉口枠形状のシール材93を印刷し、さらに、図14のステップS13において、閉口枠形状のシール材93の内側に所定量の液晶を滴下する。続いて、図14のステップS14において、上側基板20上にインクジェット装置を用いてスプレー15を配置する。この場合も、スプレー15の配置密度が $50\sim 300\text{個}/\text{mm}^2$ 、液滴1点あたりの平均で0.2~3個のスプレー15が存在するように、インクジェット装置に仕込むスプレー分散液のスプレー濃度を調製する。

10

20

30

40

50

【0058】

そして、図14のステップS15において、これら下基板10と上基板20とを貼り合わせ、さらに下基板10および上基板20の外側に図示しない位相差板や偏光板等の光学フィルムを貼り合わせ、図3に示したセル構造を備える液晶装置が製造される。

【0059】

なお、本発明の技術範囲は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。例えば上記実施の形態では、液晶注入口を有しない閉じた形状のシール材を設け、一方の基板上に液晶を滴下した後に他方の基板を貼り合わせる製造方法の例を挙げたが、この構成に代えて、液晶注入口を有する一部が開口したシール材を設け、2枚の基板を貼り合わせた後に真空注入法などにより液晶を注入する方法を採用してもよい。また、上記実施の形態では、製造する液晶装置としてTFT素子を用いたアクティブマトリクス方式の透過型液晶装置の例を挙げたが、これに限ることなく、種々の液晶装置に本発明を適用できることは勿論である。

【0060】

【実施例】

次に、本発明者らは、本発明の液晶装置の特性評価を行った。以下、その結果について報告する。

〔実施例1〕

上記実施の形態で説明したインクジェット装置を用いたスペーサー配置方法を用いて、基板サイズが400mm×500mm、基板間隔が6μmで、スペーサーの配置密度を変えた液晶セルを実際に作製し、「基板間隔の均一性」と「低温気泡の発生の有無」を評価した。スペーサーは、液滴1点あたりの平均スペーサー個数が2個になるように調整し、配置密度は10、50、100、150、300、400個/mm²と6種類に変えた。評価結果を下の〔表1〕に示す。

【0061】

表1において、「基板間隔の均一性」は、目視検査にてセル厚ムラに起因する表示ムラが認められないものを「○」、表示ムラが認められたものを「×」とした。また、「低温気泡の発生の有無」は、目視検査にて気泡の発生が認められないものを「○」、気泡の発生が認められたものを「×」とした。

【0062】

〔表1〕

スペーサー配置密度 (個/mm ²)	基板間隔均一性	低温気泡発生
10	×	○
50	○	○
100	○	○
150	○	○
300	○	○
400	○	×

「基板間隔均一性」→ ○：品質的に問題なし。

×：基板間隔が不均一で表示ムラ発生。

「低温気泡発生」→ ○：発生していない。

×：発生している。

【0063】

表 1 から明らかなように、スペーサーの配置密度が $10 \text{ 個}/\text{mm}^2$ のものはセル厚ムラに起因する表示ムラが発生し、スペーサーの配置密度が $400 \text{ 個}/\text{mm}^2$ のものは低温気泡が発生し、ともに不良となった。これに対し、スペーサーの配置密度を $50 \sim 300 \text{ 個}/\text{mm}^2$ とすれば、セル厚ムラによる表示ムラが発生せず、低温気泡の発生のない、表示品位に優れた液晶セルが得られることがわかった。なお、本発明者は、インクジェット装置を用いない従来のスペーサー散布方法においても、スペーサーの配置密度を $50 \sim 300 \text{ 個}/\text{mm}^2$ とすると表示不良の発生を抑えられることを既に確認しており、本実験結果はその結果とも一致している。

【0064】

〔実施例 2〕

次に、実施例 1 と同様の液晶セルを用いて、スペーサーの配置密度を $50 \sim 300 \text{ 個}/\text{mm}^2$ の範囲に限定した上で液滴 1 点あたりの平均スペーサー個数を変えた液晶セルを実際に作製し、「セル厚ムラに起因する表示品位の低下の有無」と「スペーサー凝集体による光抜けやセル厚ムラに起因する表示品位の低下の有無」を評価した。液滴 1 点あたりの平均スペーサー個数は、0.08, 0.2, 0.5, 1, 3, 4, 5 個と 7 種類に変えた。評価結果を下の〔表 2〕に示す。

【0065】

表 2 において、「セル厚ムラに起因する表示品位の低下の有無」は、目視検査にてスペーサーが少なすぎることによるセル厚ムラに起因すると考えられる表示ムラが認められないものを「○」、表示ムラが認められたものを「×」とした。また、「スペーサー凝集体による光抜けやセル厚ムラに起因する表示品位の低下の有無」は、目視検査にてスペーサー凝集体による光抜けやセル厚ムラに起因する表示品位の低下が認められないものを「○」、認められたものを「×」とした。なお、スペーサーが少なすぎる場合にはもやもやとした感じのムラが視認され、スペーサーが多すぎる場合にはスペーサーが凝集することで白い点状の光抜けが視認されることで区別できる。

【0066】

〔表 2〕

液滴 1 点あたりの平均 スペーサー個数(個)	セル厚ムラに起因 する表示品位低下	スペーサー凝集体による 光抜け・セル厚ムラに 起因する表示品位低下
0.08	×	○
0.2	○	○
0.5	○	○
1	○	○
3	○	○
4	○	×
5	○	×

「セル厚ムラに起因する表示品位低下」

→ ○：セル厚ムラは発生していない。

×：セル厚ムラが発生し、表示品位が低下している。

「スペーサー凝集体による光抜け等の表示品位低下」

→ ○：表示品位の低下はない。

×：表示品位が低下している。

【0067】

10

20

30

40

50

表2から明らかなように、液滴1点あたりの平均スパーサー個数が0.08個の場合、配置密度50～300個/mm²の条件を満足していても、インクジェット装置で液滴を滴下した全ての滴下点のうち、スパーサーが全く配置されない点が9割を超え、このような点が多すぎるので、結果的にスパーサーの配置に偏りが生じ、セル厚ムラが生じてしまう。また、液滴1点あたりの平均スパーサー個数が3個より多くなると、巨大なスパーサー凝集体が多くなる傾向にあり、明らかにスパーサー凝集体に起因すると思われる光抜けやセル厚ムラに起因する表示品位の低下が生じる。

【0068】

また、表3は、インクジェット装置でスパーサー分散液を滴下する際の滴下間隔（表の縦軸、言い換えると、1点の液滴が存在する基板上の面積）と液滴1点あたり平均のスパーサーの個数（表の横軸）によって決定されるスパーサーの配置密度（欄内）である。表3の縦軸の、例えば「40×40」と示したのは、インクジェット装置におけるX軸走査方向の滴下間隔が40μm、Y軸走査方向の滴下間隔が40μmであるという意味である。表3中に太線で囲んだ範囲の「滴下間隔」と「液滴1点あたり平均のスパーサーの個数」の組み合わせに設定すれば、本発明の液晶装置におけるスパーサーの配置を実現することができる。

【0069】

【表3】

スパーサー 平均個数 滴下間隔 (μm)	0.08	0.2	0.5	1	3	4	5
40×40	50	125	313	625	1875	2500	3125
50×50	32	80	200	400	1200	1600	2000
60×60	22	56	139	278	833	1112	1390
90×60	15	37	93	185	556	740	925
100×80	10	25	63	125	375	500	625
100×100	8	20	50	100	300	400	500
120×100	7	17	42	83	250	332	415

【0070】

【実施例3】

次に、実施例1、2と同様の液晶セルを用いて、スパーサーの配置密度を50～300個/mm²、液滴1点あたりの平均スパーサー個数を2個、スパーサーの径を4μmに限定した上で、インクジェット装置の液滴吐出ノズルの開口径を変え、液晶セルを実際に作製した。そして、「1点あたりの平均スパーサー個数の安定性」、「液滴の形状の安定性」、「1滴あたりの液量の安定性」の3項目を評価した。ノズルの開口径は、6, 10, 30, 100, 150μmと5種類に変えた。評価結果を下の【表4】に示す。

【0071】

表4において、「1点あたりの平均スパーサー個数の安定性」は、目視検査にて安定性が全くなく、スパーサー個数に大きなバラツキがあるものを「×」、スパーサー個数にややバラツキがあるものを「△」、スパーサー個数が十分に安定しているものを「○」とした。「液滴の形状の安定性」は、目視検査にて尾を引いたような形状の液滴が確認され、形状が安定しないものを「×」、円形の液滴が安定して得られたものを「○」とした。「1

滴あたりの液量の安定性」は、目視検査にてノズルの詰まりが生じたりすることで液量が全く安定しないものを「×」、液量にややバラツキがあるものを「△」、液量が十分に安定しているものを「○」とした。

【0072】

【表4】

ノズルの径 (μm)	6	10	30	100	150
1点あたり平均スぺーサー個数安定性	×	○	○	△	△
液滴形状安定性	○	○	○	○	×
1滴あたりの液量安定性	×	○	○	△	△

10

【0073】

表4から明らかなように、ノズルの開口径を6 μm とした場合、スぺーサー径が4 μm ではノズルの詰まりが生じ、これに起因して液量、スぺーサー個数がともに不安定であった。一方、ノズルの開口径を150 μm とした場合、液量自体が多くなるため、液量、スぺーサー個数がともにやや不安定となり、液滴の形状は尾を引いたような形状の液滴が多く見られ、全く安定していなかった。これに対して、ノズルの開口径が10～100 μm の範囲では、液量、スぺーサー個数、液滴の形状の3項目ともにほぼ安定していた。ただし、ノズルの開口径が100 μm の場合、液量、スぺーサー個数ともに若干のバラツキがあり、ノズルの開口径を10 μm 、30 μm とした場合は全く安定していた。

20

【0074】

以上の結果をまとめると、これら実施例1、2の結果から、スぺーサーが少なすぎることによる表示不良、スぺーサーが多すぎることによる表示不良ともに抑制でき、良好な表示品位を維持するためには、スぺーサーの配置密度を50～300個/ mm^2 、液滴1点あたり平均のスぺーサーの個数を0.2～3個とするのが好ましいことを確認した。さらに、このようなスぺーサーの配置を安定的に実現するためには、実施例3の結果から、使用するインクジェット装置のノズルの開口径を10～100 μm （より好ましくは10～30 μm ）の範囲とするのが好ましいことを確認した。

30

【0075】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、インクジェット装置を用いて液晶セル内の所定の位置にスぺーサーを配置する技術において、スぺーサーの配置密度と液滴1点あたりに存在するスぺーサー個数、および使用する液滴吐出装置のノズルの開口径を最適化したことにより、セル厚ムラやスぺーサーによる光抜け等に起因する表示不良を効果的に抑制することができ、表示品位の高い液晶装置を安定して製造することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態の液晶装置におけるスイッチング素子、信号線等の等価回路図である。

【図2】同、液晶装置におけるTFTアレイ基板の相隣接する複数の画素群の構造を示す平面図である。

【図3】同、液晶装置において、その非画素領域における構造を示す断面図である。

【図4】同、液晶装置において、全体構成の概略を示す全体平面模式図である。

【図5】同、液晶装置のスぺーサー配置工程において、液滴1点あたりの平均で0.2個のスぺーサーが存在している状態の一例を示す平面図であって、図5(a)は滴下直後、図5(b)は溶媒を蒸発させた後の状態を示している。

50

【図 6】同、液晶装置のスペーサー配置工程において、液滴 1 点あたりの平均で 3 個のスペーサーが存在している状態の一例を示す平面図であって、図 6 (a) は滴下直後、図 6 (b) は溶媒を蒸発させた後の状態を示している。

【図 7】同、液晶装置のスペーサー配置工程において、スペーサー凝集体が形成された状態を示す平面図である。

【図 8】同、スペーサーの構成を示す模式図である。

【図 9】同、スペーサーに表面処理層を設けた場合の構成を示す模式図である。

【図 10】スペーサーに着色を施した場合の構成を示す模式図である。

【図 11】図 9 のスペーサーを用いた場合の効果について示す説明図である。

【図 12】図 10 のスペーサーを用いた場合の効果について示す説明図である。

【図 13】同、液晶装置の製造方法の一例を示す工程説明図（フローチャート）である。

【図 14】同、製造方法の一変形例を示す工程説明図（フローチャート）である。

【図 15】同、スペーサー配置工程において、液滴の直径よりも小さな寸法間隔で液滴を滴下した状態を示す模式図である。

【図 16】同、スペーサー配置工程で用いるインクジェット装置のヘッドの構成を示す斜視図である。

【図 17】同、断面図である。

【図 18】同、ヘッドのノズル孔の部分を示す断面図である。

【符号の説明】

10 下側基板（TFT アレイ基板）

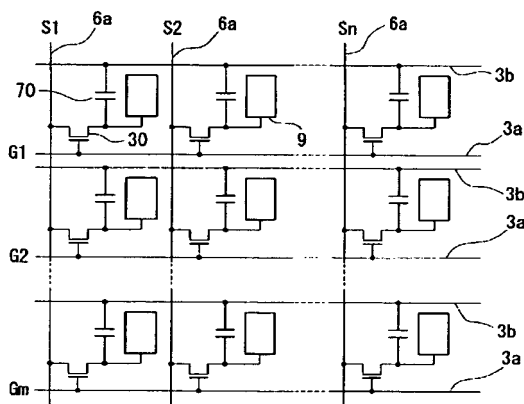
15 スペーサー

20 上側基板（対向基板）

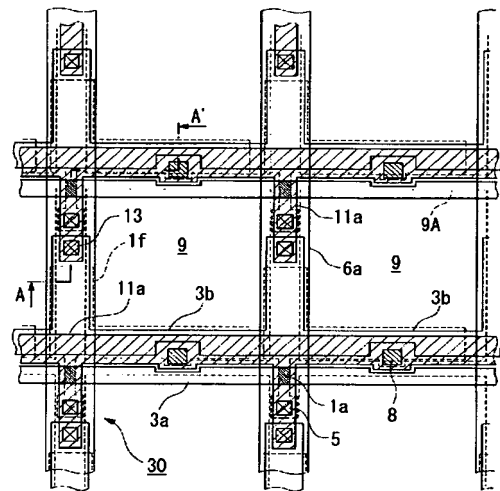
50 液晶層

93 シール材

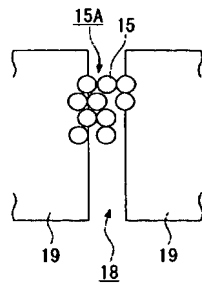
【図 1】



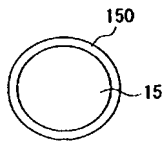
【図 2】



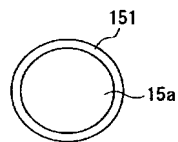
【図 7】



【図 8】

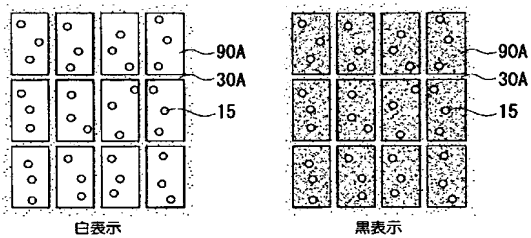


【図 9】

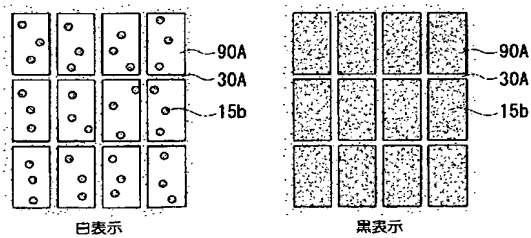


【図 12】

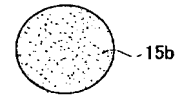
(a) 無着色スペーサー



(b) 着色スペーサー

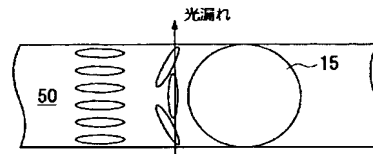


【図 10】

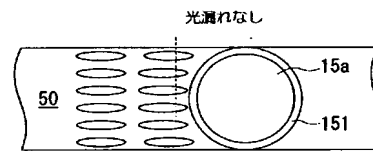


【図 11】

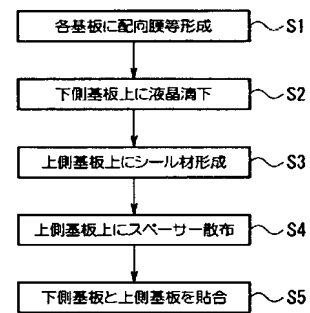
(a)



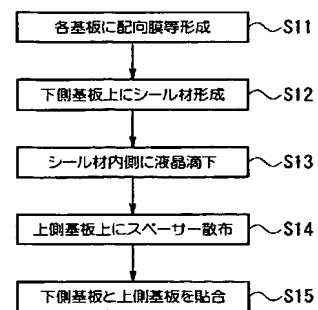
(b)



【図 13】

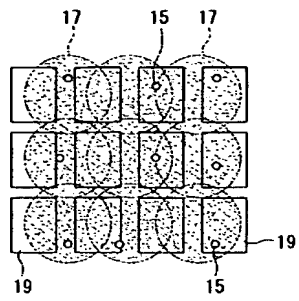


【図 14】

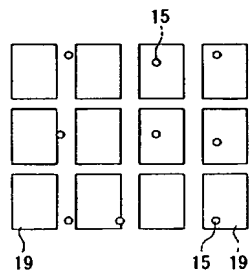


【図 15】

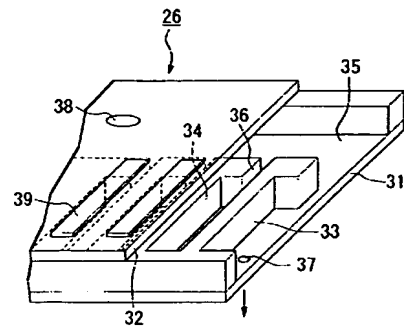
(a)



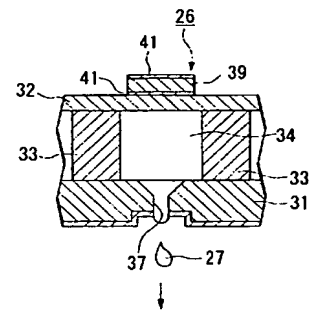
(b)



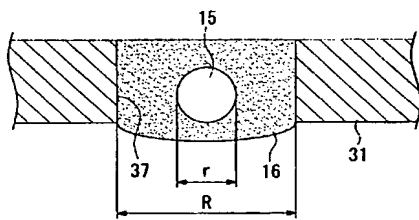
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

(72)発明者 平田 祥朋

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 小菅 将洋

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 鬼塚 恵美子

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 2H089 LA07 LA12 LA16 LA20 NA06 NA09 NA15 NA22 NA60 PA02
PA08 QA14



US 20040095545A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**
Washizawa et al.(10) **Pub. No.: US 2004/0095545 A1**(43) **Pub. Date: May 20, 2004**(54) **LIQUID CRYSTAL DEVICE, METHOD FOR
MANUFACTURING THE SAME, AND
ELECTRONIC DEVICE EQUIPPED WITH
THE SAME**(30) **Foreign Application Priority Data**

Sep. 20, 2002 (JP) 2002-275455

Sep. 20, 2002 (JP) 2002-275456

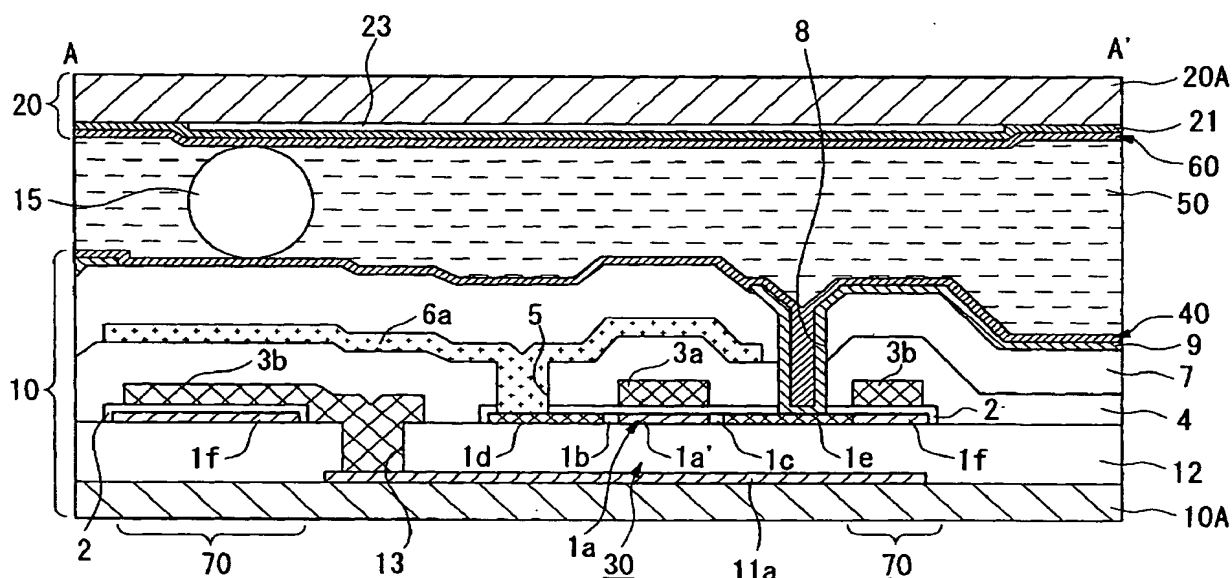
(75) **Inventors: Takehito Washizawa, Suwa-shi (JP);
Yoichi Momose, Matsumoto-shi (JP);
Yoshitomo Hirata, Toyoshina-machi
(JP); Masahiro Kosuge, Suwa-shi (JP);
Emiko Onizuka, Shiojiri-shi (JP)****Publication Classification**(51) **Int. Cl.⁷ G02F 1/1339**(52) **U.S. Cl. 349/155**

(57)

ABSTRACT

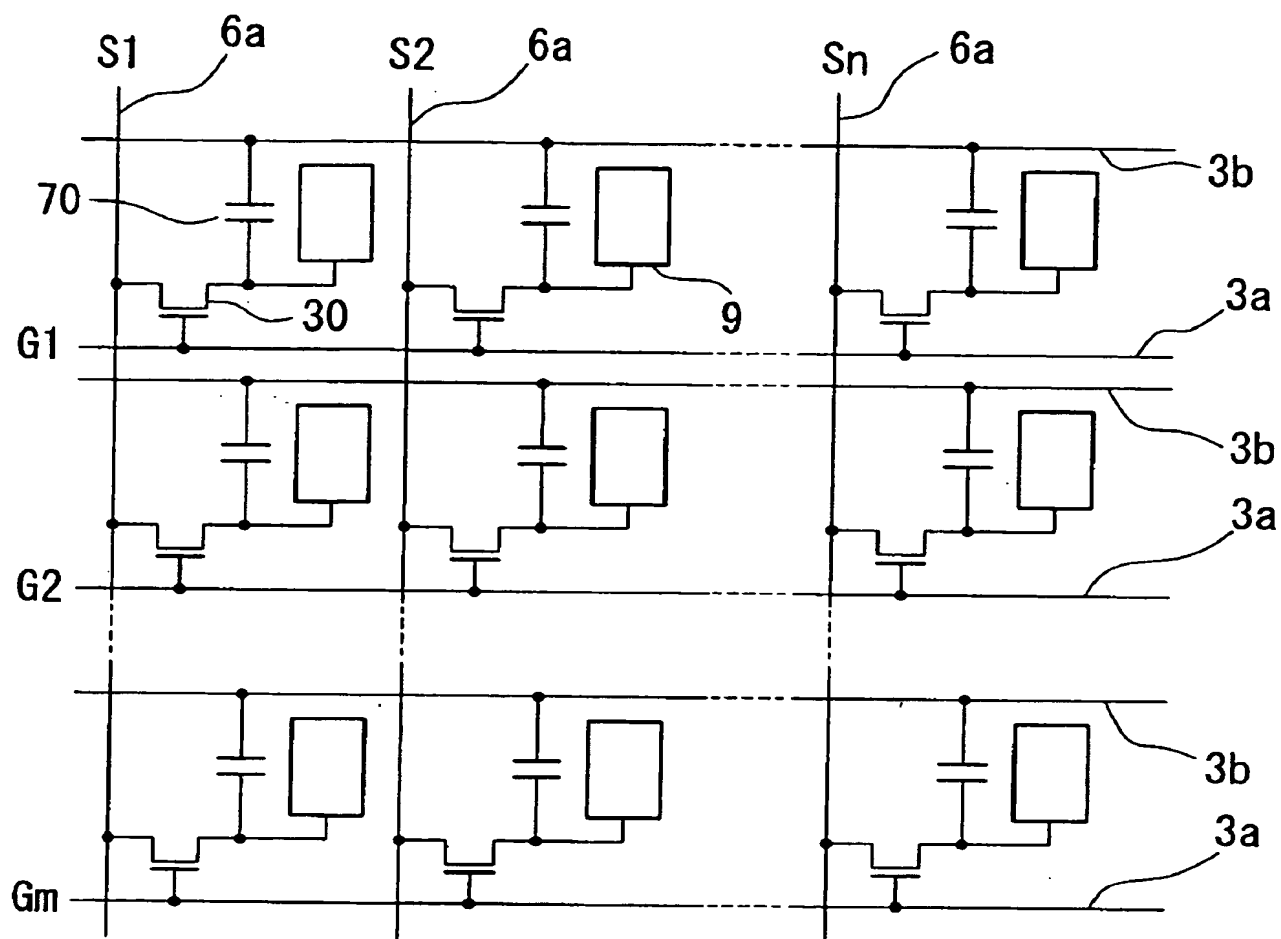
A liquid crystal device is provided in which a pair of substrates is opposed to each other through a seal member, and a liquid crystal and spacers are contained in a space enclosed with the pair of substrates and the seal member. The spacers are placed on all or part of intersection points of a plurality of first parallel phantom lines extending in a first direction and a plurality of second parallel phantom lines extending in a second direction different from the first direction with the spacers arranged separately, in aggregation, or mixture thereof. The density of spacers is from 50 to 300/mm², and an average number of spacers on all the intersection points is from 0.2 to 3.

Correspondence Address:
OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. BOX 19928
ALEXANDRIA, VA 22320 (US)

(73) **Assignee: Seiko Epson Corporation, Tokyo (JP)**(21) **Appl. No.: 10/662,333**(22) **Filed: Sep. 16, 2003**

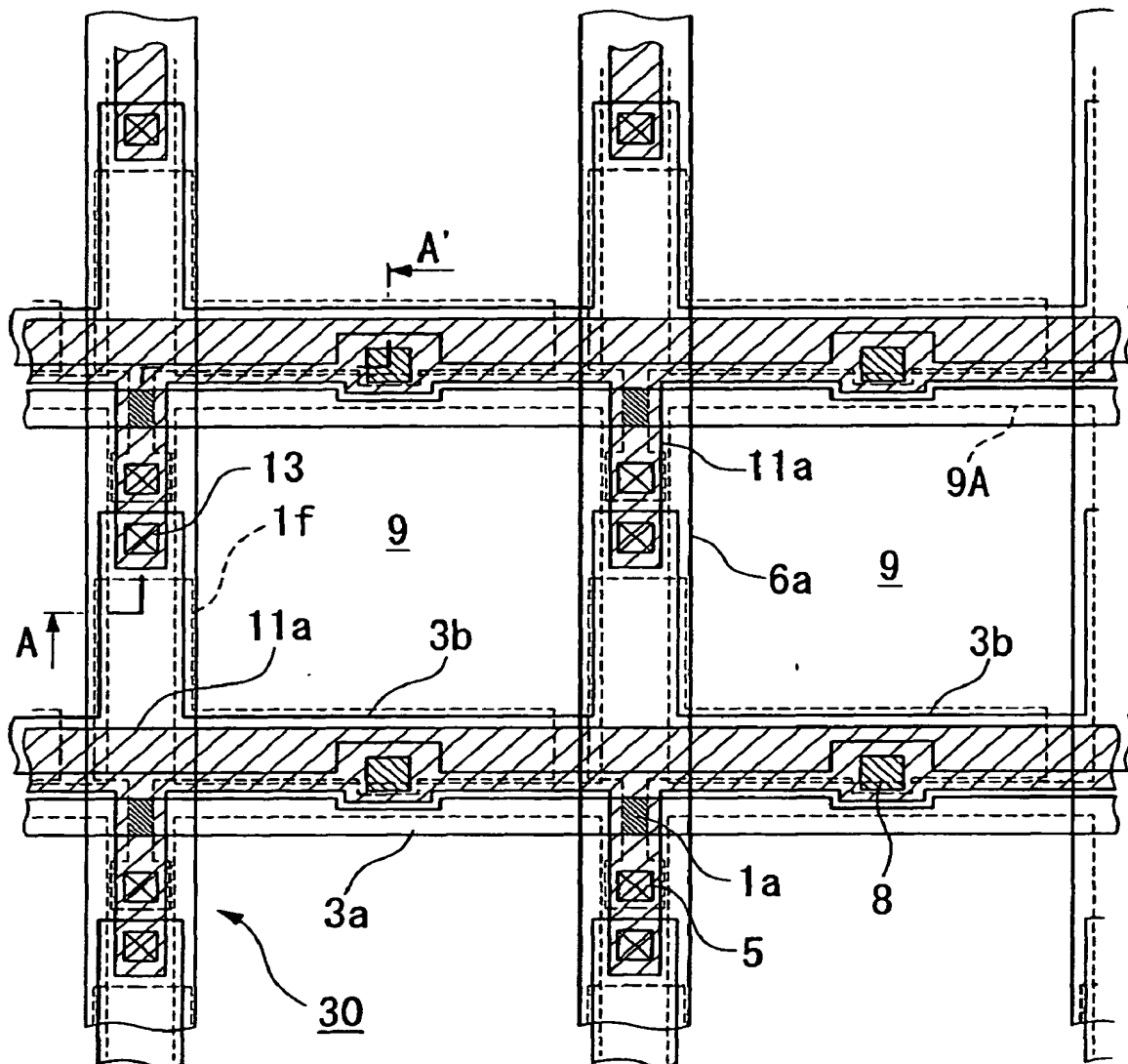
THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 1



THIS PAGE BLANK (USPTO)

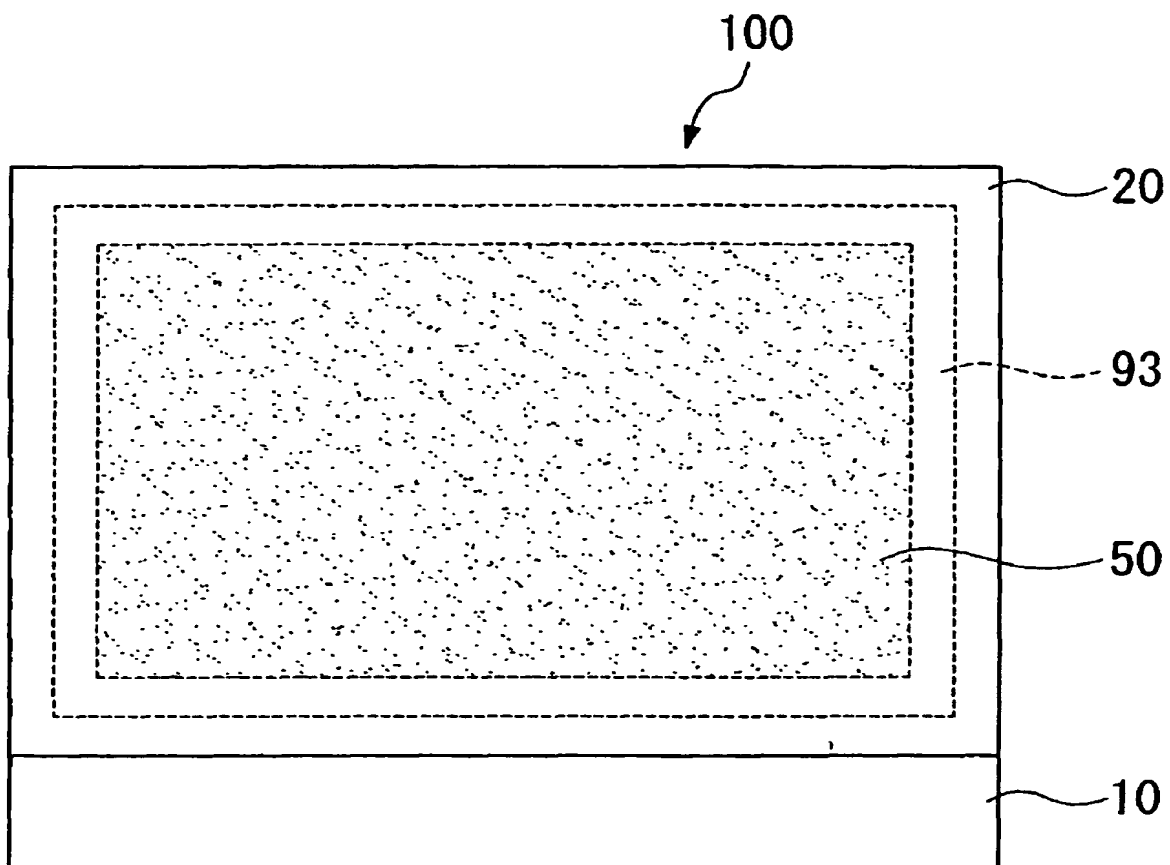
FIG. 2



THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USP10)

FIG. 4



THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 5A

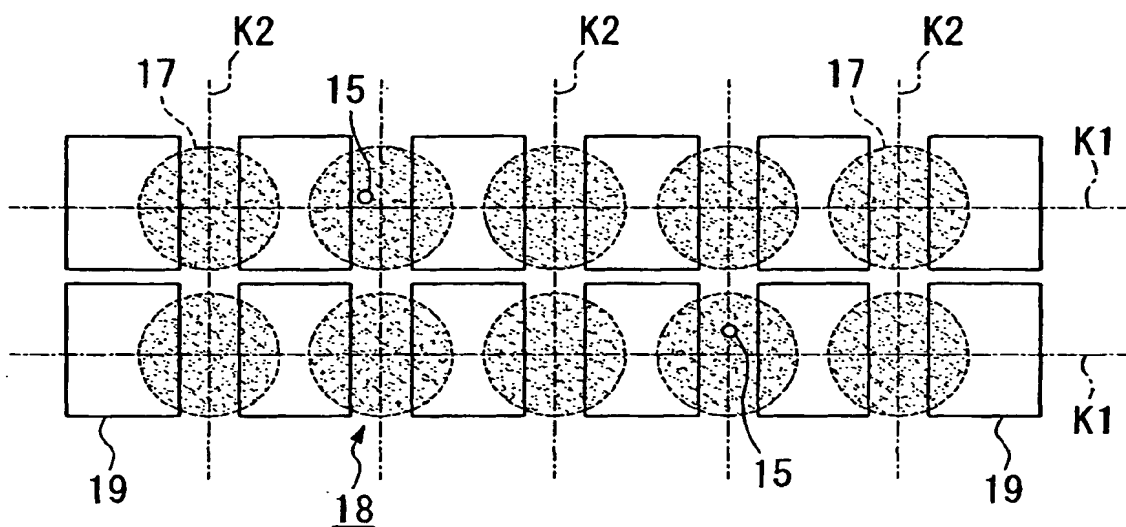
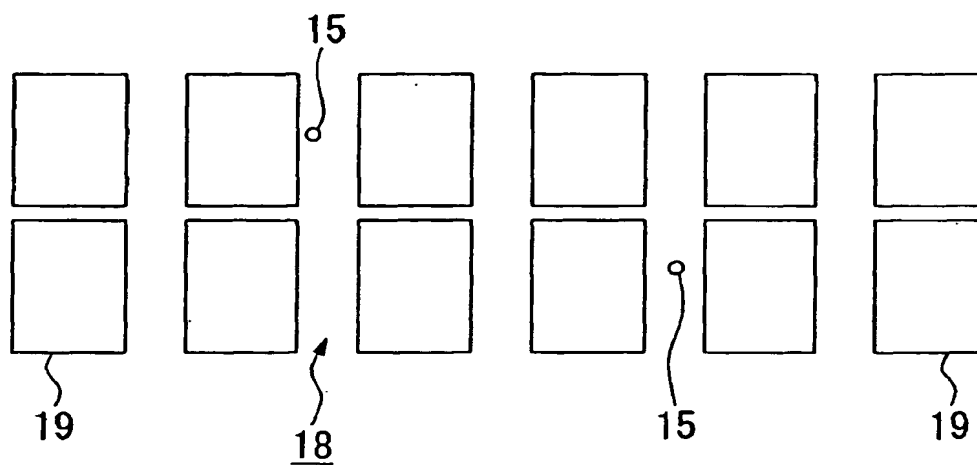


FIG. 5B



THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 6A

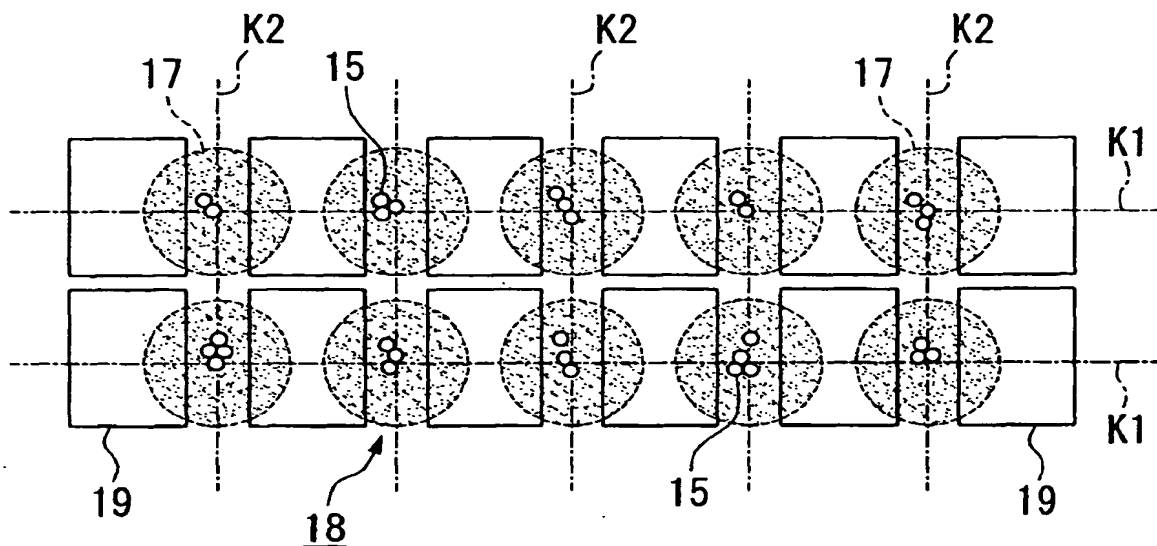
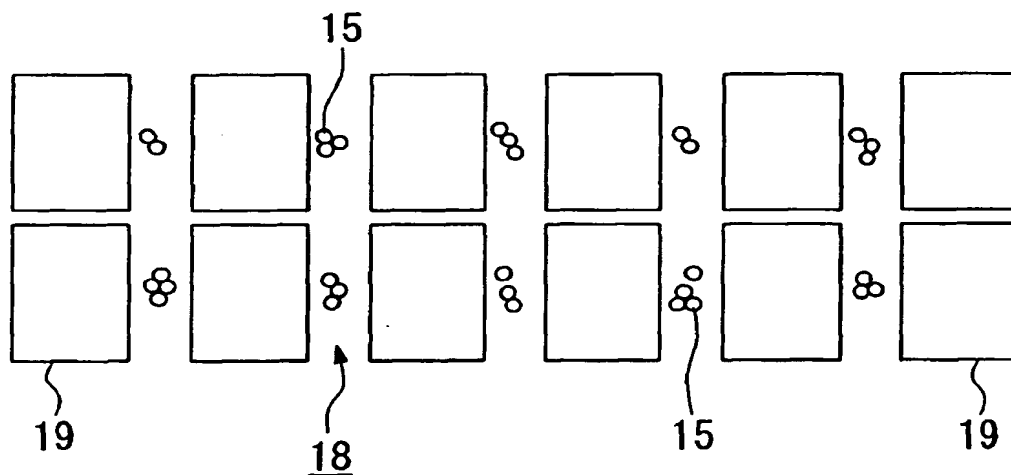
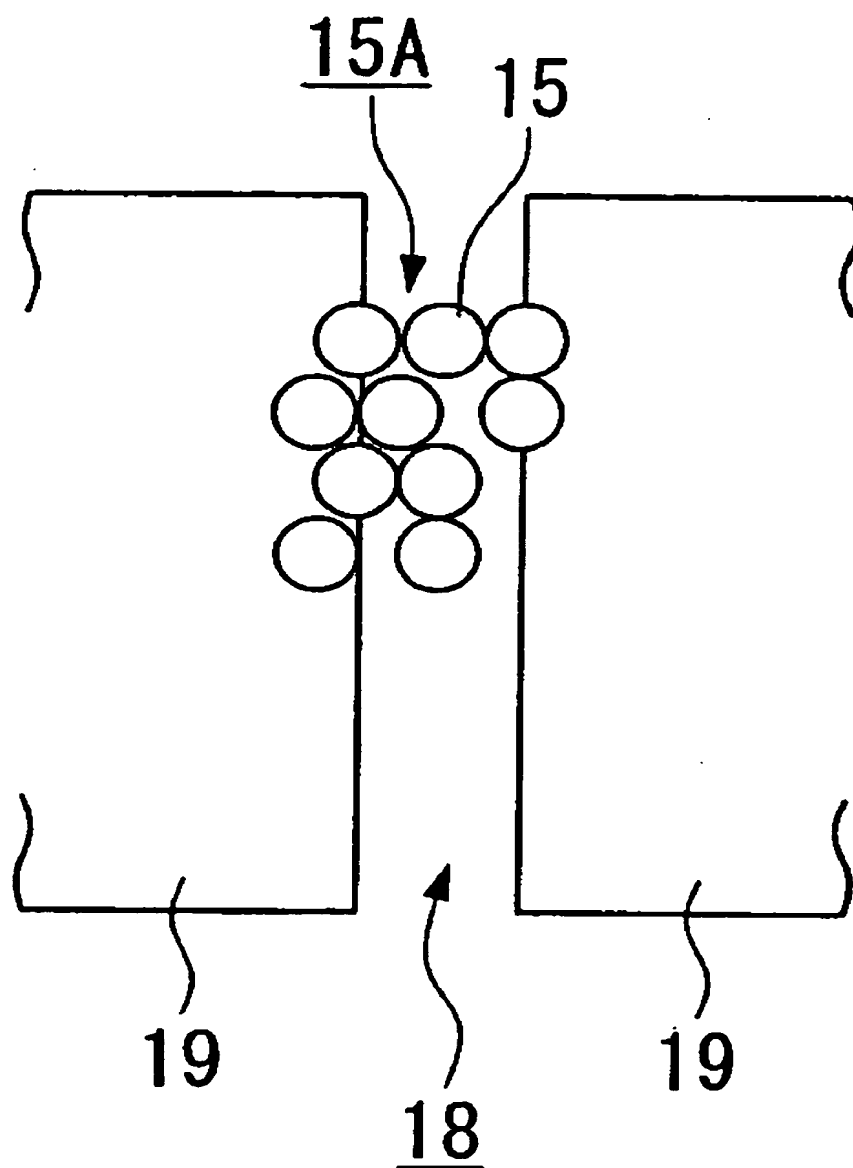


FIG. 6B



THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 7



THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 8

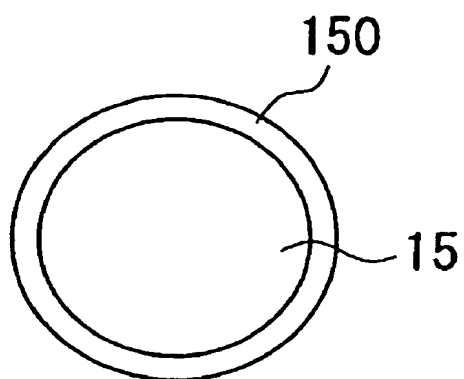


FIG. 9

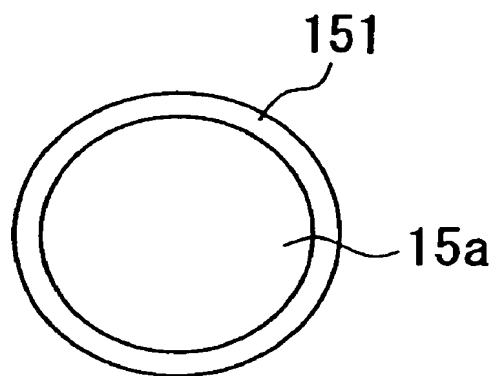
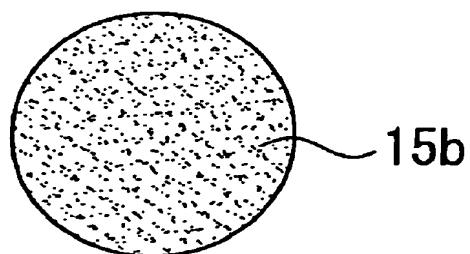


FIG. 10



THIS PAGE BLANK (USP10)

FIG. 11A

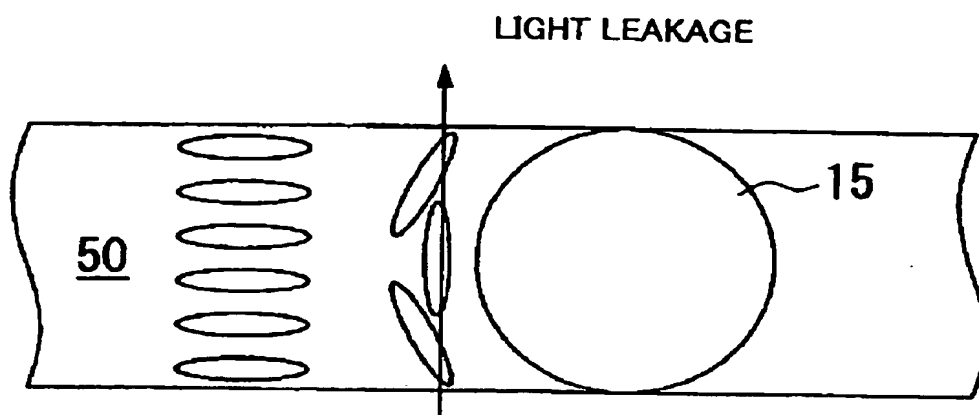
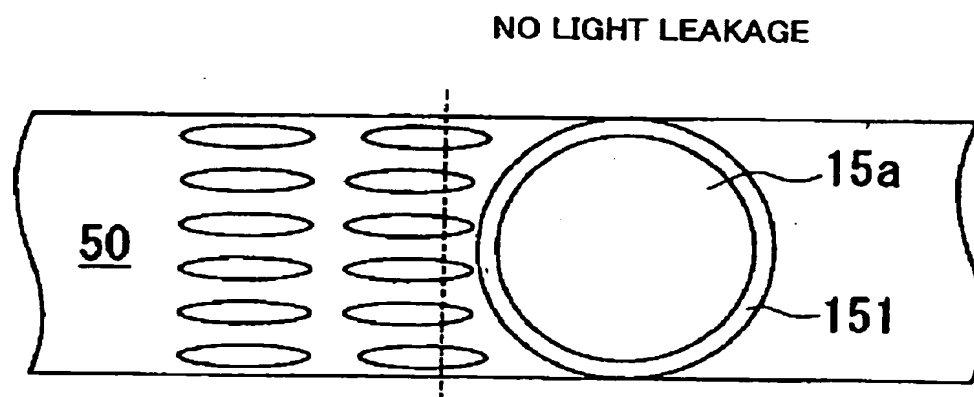


FIG. 11B



THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 12A

(a) UNCOLORED SPACER

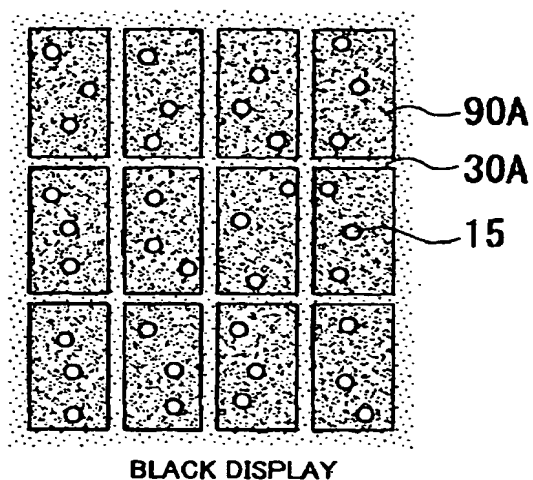
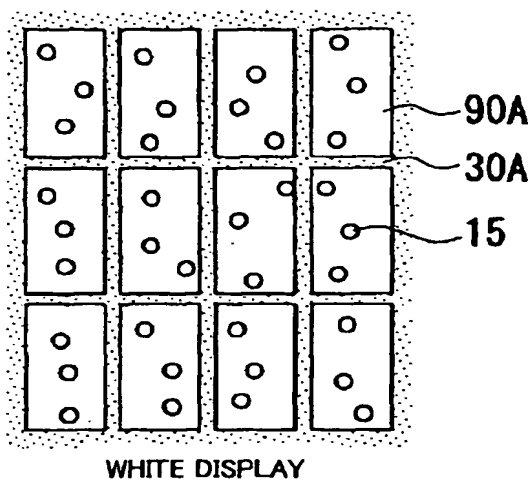
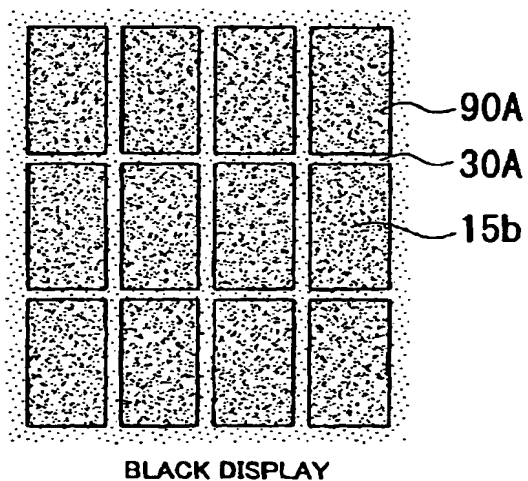
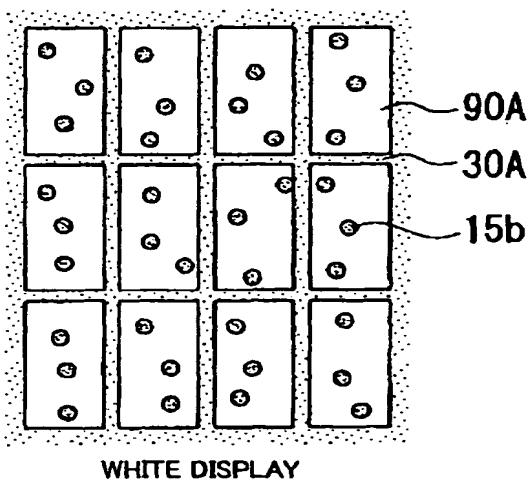


FIG. 12B

(b) COLORED SPACER



THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 13

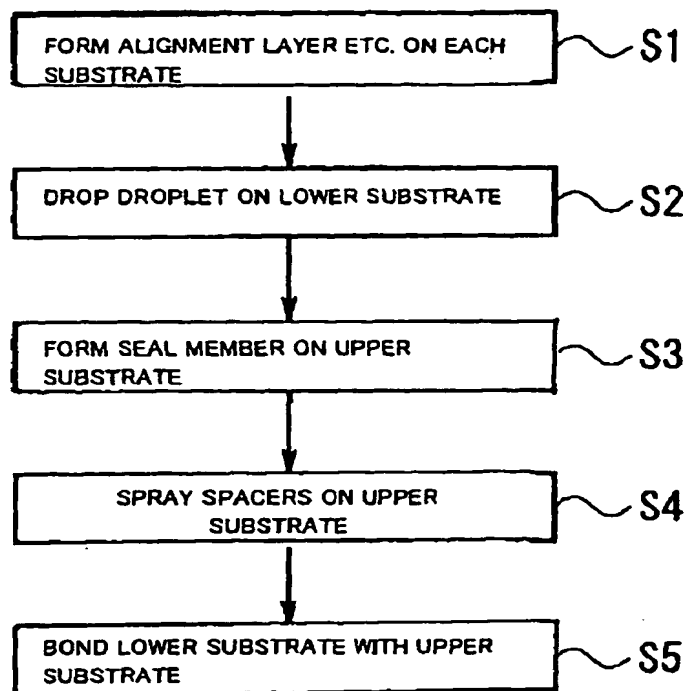
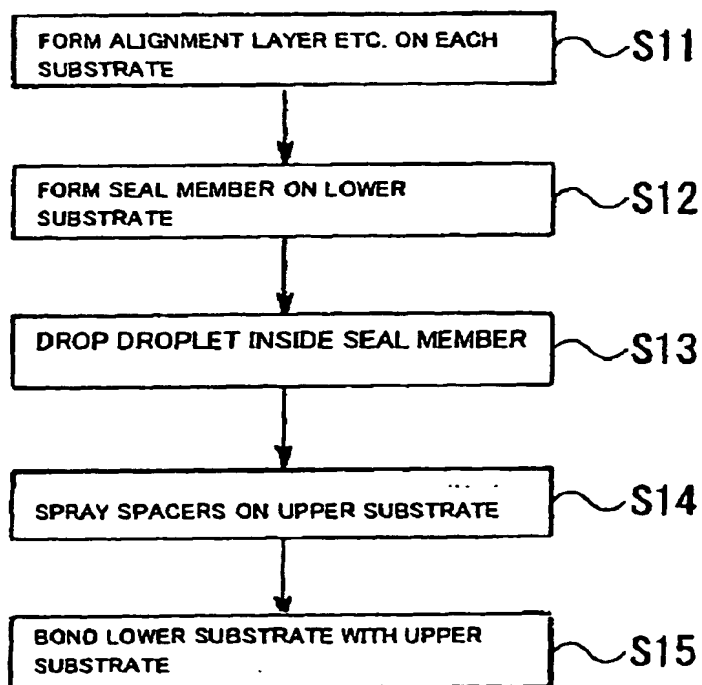


FIG. 14



THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 15A

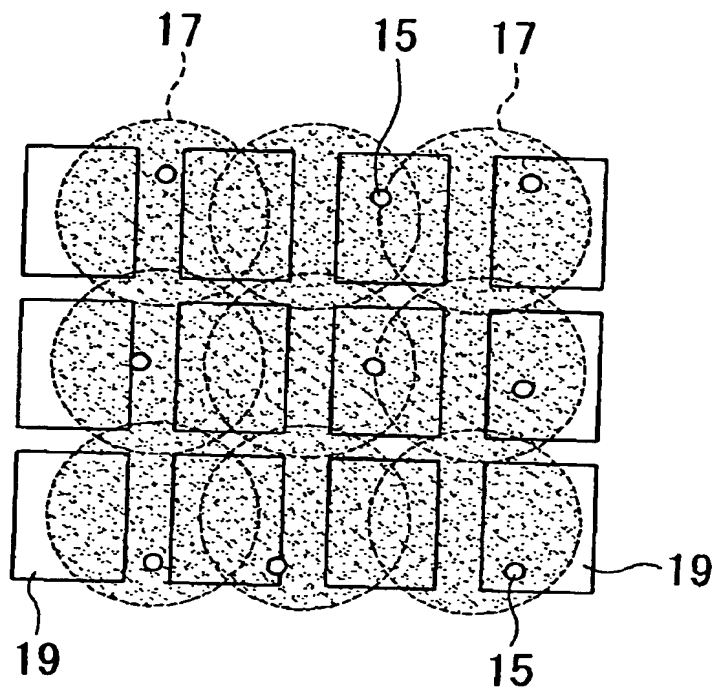
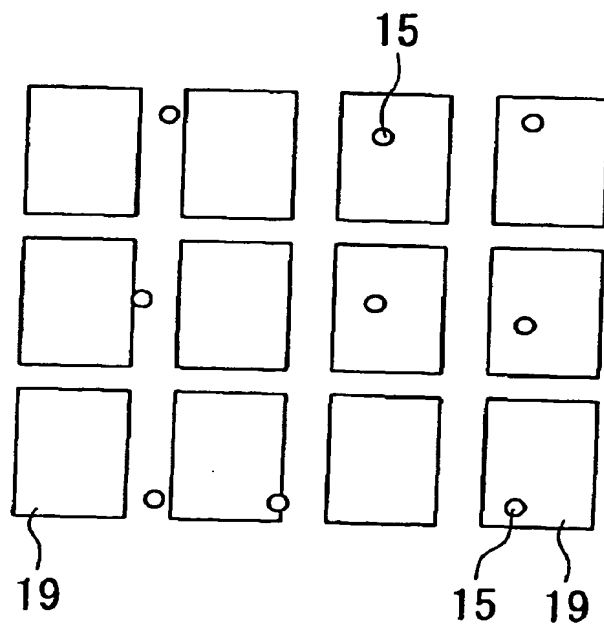


FIG. 15B



THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 16

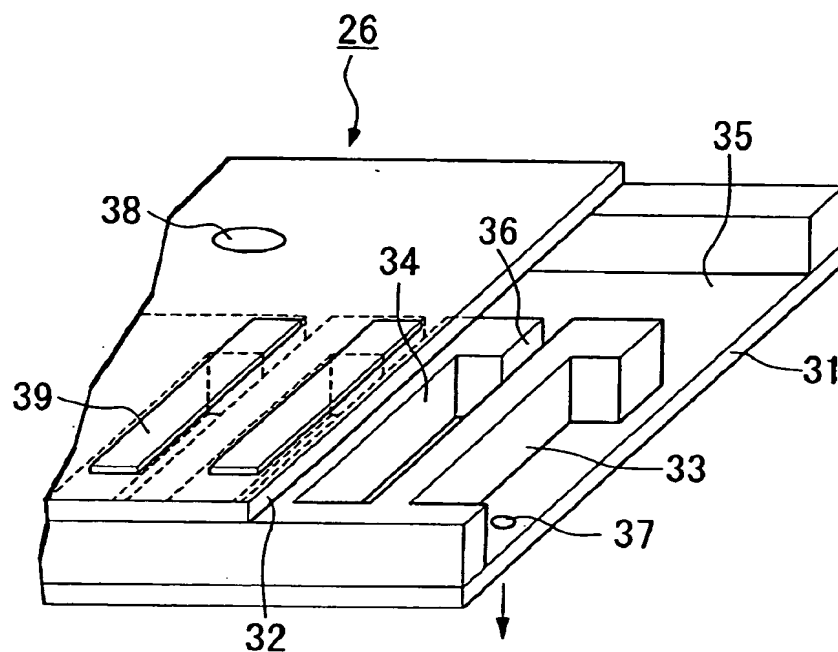
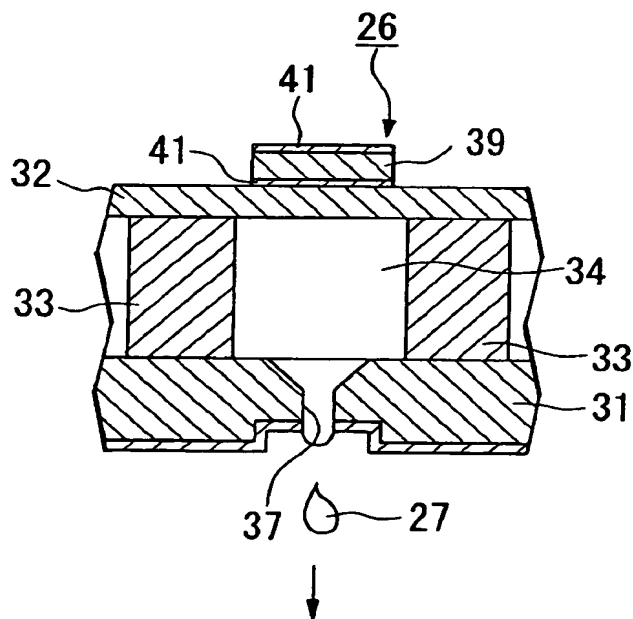
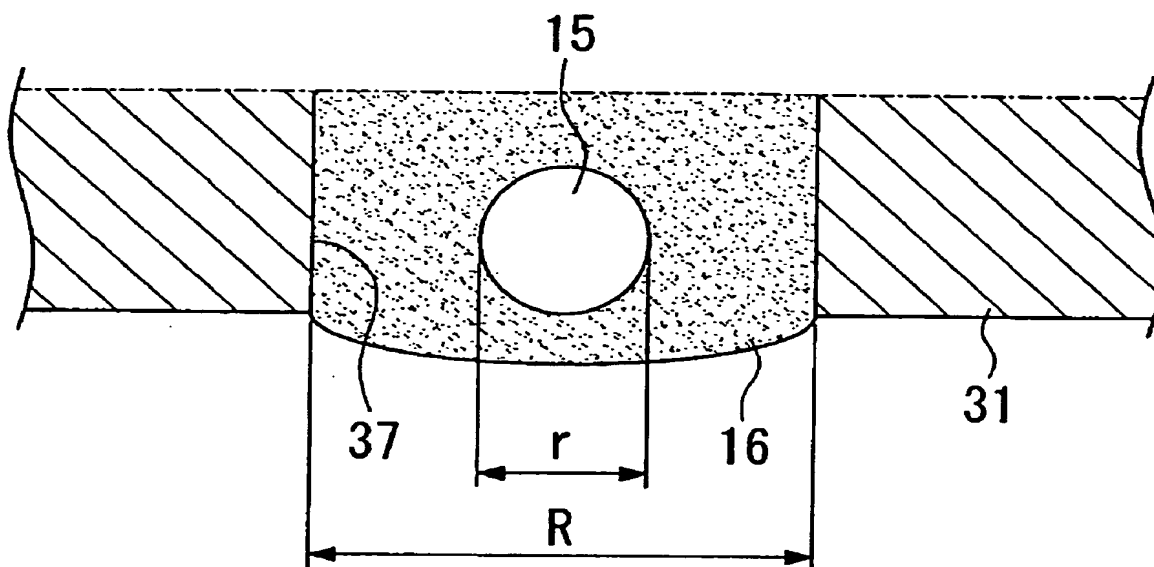


FIG. 17



THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 18



THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 19A

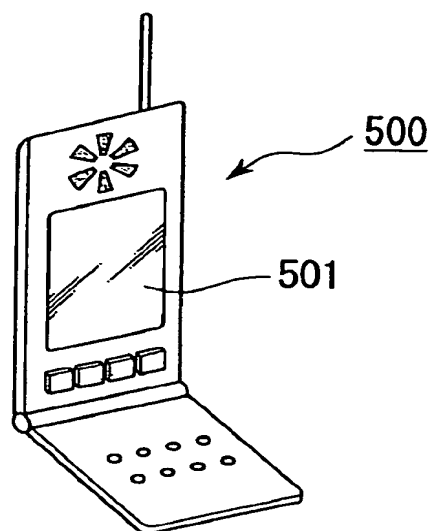


FIG. 19B

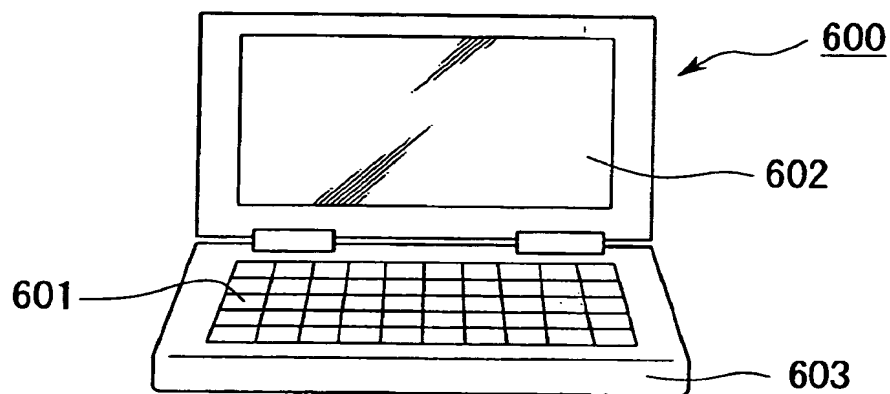
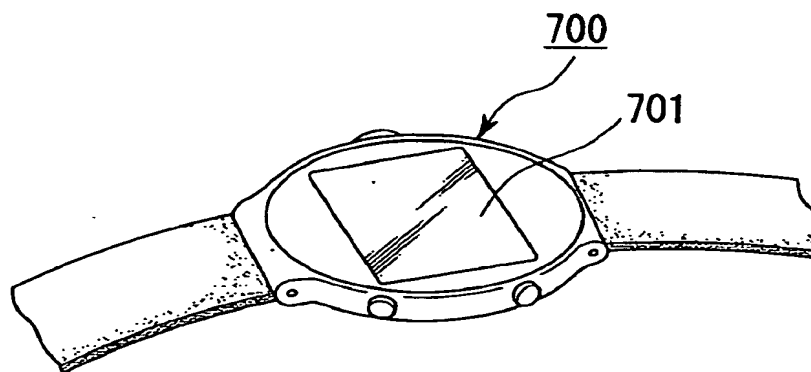


FIG. 19C



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**LIQUID CRYSTAL DEVICE, METHOD FOR
MANUFACTURING THE SAME, AND
ELECTRONIC DEVICE EQUIPPED WITH THE
SAME**

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0001] 1. Field of Invention

[0002] The present invention relates to a liquid crystal device, a method for manufacturing the same, and an electronic device equipped with the liquid crystal device. More particularly, the invention relates to a technique of placing spacers between a pair of substances.

[0003] 2. Description of Related Art

[0004] Related art liquid crystal devices can be constructed such that a lower substrate and an upper substrate are bonded together with a seal member in the respective peripheries of the substrates, and a liquid crystal layer is sealed between the pair of substrates. The related art also places spacers, such as resin balls, glass balls, or columnar resin members, between the pair of substrates in order to keep the substrate spacing evenly in the substrate surfaces.

[0005] In general, such liquid crystal devices are manufactured by the following process steps of: depositing electrodes and alignment layers on each of the lower substrate and the upper substrate; printing an uncured seal member on the periphery of, for example, the lower substrate with an opening serving as a liquid crystal inlet formed therein; spraying spacers on the surface of the substrate or the other substrate; and bonding the lower substrate and the upper substrate together through a seal member, thereby forming a hollow liquid crystal cell. Then, curing the uncured seal member; injecting a liquid crystal into the liquid crystal cell through the liquid crystal inlet that is formed in the seal member in advance, by vacuum injection; sealing the inlet with a seal member; and finally, bonding an optical film, such as a retardation film or a polarizer, on the outer surfaces of the lower substrate and the upper substrate, thereby forming a liquid crystal device.

[0006] For the spacer spraying step for example, a method can be used in which spacers are evenly sprayed on the substrate by spraying a spacer dispersion liquid in which spacers are dispersed in a prescribed solvent. On the other hand, for example, a technique of arranging spacers in a specific region in a liquid crystal cell by ink jetting (droplet discharge method) is disclosed in Japanese Unexamined Patent Application Publication No. 2001-188235. The spacers act to keep the substrate spacing evenly, whereas they exert a negative influence on display, for example, they cause light leakage and misalignment of a liquid crystal when arranged in a pixel region. Therefore, liquid crystal devices in which spacers are selectively arranged only in a non-pixel region in a liquid crystal cell, and a method for manufacturing the same is disclosed in Japanese Unexamined Patent Application Publication Nos. 54-107754 and 2-308224. For example, Japanese Unexamined Patent Application Publication No. 9-105946 discloses a method of placing spacers in a non-pixel region by ink jetting. Another example is a specific spacer fixed-point placement device by ink jetting, as disclosed in Japanese Unexamined Patent Application Publication No. 2002-72218.

[0007] As described above, the related art includes methods of arranging spacers in a non-pixel region which is not

involved directly in display. Although it is necessary to arrange a predetermined number of spacers or more in the liquid crystal cell in view of keeping the substrate spacing evenly, it is preferable to place a reduced or minimum number of spacers needed in consideration of a bad influence on display. From the above viewpoint, the related art techniques give no consideration to a beneficial or the optimum number (density) of spacers at all. Accordingly, a standard of a beneficial or the optimum number (density) of spacers has been required to reduce uneven display due to uneven cell thickness (substrate spacing) in the substrate surface and a decrease in contrast due to light leakage owing to the presence of spacers and misalignment and so on, thereby enhancing display quality.

[0008] It has also been required to provide a method of stably controlling the number of spacers by ink jetting. Specifically, the ink jetting only emits ink (liquid). However, in order to emit a dispersion liquid that contains a solid matter, such as a spacer, only in a fixed region, the diameter of the nozzle of the ink jet unit must be optimized. However, there has been no indicator for the most suitable nozzle diameter for the spacer dispersion liquid.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0009] The present invention addresses the above and/or other circumstances, and provides a liquid crystal device that is superior in display quality by providing a beneficial or optimized number (density) of spacers in arranging the spacers in fixed points in a substrate surface with a droplet discharge unit, such as an ink jet unit, a method for manufacturing the liquid crystal device, and an electronic device including the liquid crystal device.

[0010] According to a first exemplary embodiment of the present invention, a liquid crystal device is provided in which a pair of substrates is opposed to each other through a seal member and a liquid crystal and spacers are contained in a sealed space enclosed with the pair of substrates and the seal member. The spacers are placed on all or part of intersection points of a plurality of first parallel phantom lines extending in a first direction and a plurality of second parallel phantom lines extending in a second direction different from the first direction with the spacers arranged separately, in aggregation, or in a mixture thereof. The density of spacers is from 50 to 300/mm² and the average number of spacers on all the intersection points is from 0.2 to 3.

[0011] According to the invention, the density of spacers is from 50 to 300/mm² and the average number of spacers on all the intersection points of the first phantom lines and the second phantom lines is from 0.2 to 3. Accordingly, deterioration in display quality due to the spacers can be sufficiently reduced so that display quality can be enhanced.

[0012] The liquid crystal device of the invention is manufactured by the below-described method such that the spacers are placed on all or part of intersection points of a plurality of first parallel phantom lines extending in a first direction and a plurality of second parallel phantom lines extending in a second direction different from the first direction with the spacers arranged separately, in aggregation, or a mixture thereof. Specifically, according to the method for manufacturing the liquid crystal device of the present invention, a spacer dispersion liquid having the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

spacers dispersed in a predetermined solvent is dropped on the substrate with a droplet discharge unit, and each droplet contains a random number of spacers. The solvent is evaporated after dropping, so that the spacers are left on the substrate. Since the droplet discharge unit is used, the spacers are not irregularly arranged on the substrate but are separately arranged on the intersection points of the plurality of first parallel phantom lines extending in a first direction corresponding to an arrangement direction of nozzles of the droplet discharge unit and the plurality of second parallel phantom lines extending in the second direction corresponding to a scanning direction of the nozzles of the droplet discharge unit. In the invention, the reason why the spacers are placed on all or part of the intersection points is because the number of spacers contained in the droplet is random and relatively small, so that even when droplet was dropped, it may contain no spacer, finally some points may contain no spacer.

[0013] The base for the above numerical range is described below via Examples. When the density of spacers becomes smaller than $50/\text{mm}^2$, the substrate spacing cannot be sufficiently kept by the spacers, so that unevenness in cell thickness is increased to significantly decrease display quality. On the other hand, when the density of spacers becomes larger than $300/\text{mm}^2$, bubbles generate in a liquid crystal at low temperature, causing a failure called vacuum bubbles. This is because, since a liquid crystal has a higher thermal expansion coefficient than that of spacers, vacuum portions occur locally in the liquid crystal layer at low temperature; however, when there are too many spacers, the substrates cannot follow to curve inward, so that the vacuum portions remain.

[0014] When the average number of spacers at all the intersection points of the first and second phantom lines is smaller than 0.2, points having no spacer increase excessively to cause variation in the arrangement of the spacers and to increase unevenness of cell thickness, so that display quality is significantly decreased. On the other hand, when the number is larger than three, spacer aggregates increase excessively to cause unevenness of cell thickness and light leakage, thus significantly decreasing display quality.

[0015] The spacers may be arranged in a non-pixel region. Specifically, the presence of spacers in display region causes mis-orientation of the liquid crystal and light leakage, thus significantly decreasing display quality. Therefore, arranging the spacers in a non-pixel region that is not involved directly in display significantly enhances display quality.

[0016] As described above, arranging the spacers in a non-pixel region enhances display quality. Furthermore, providing a light-shielding layer corresponding to the non-pixel region reduces or prevents display failure, such as light leakage more reliably.

[0017] The spacers may be colored. For example, when the liquid crystal device is used as a display, light sometimes leaks from the arranged spacers to cause white display (light display) during black display (dark display). However, coloring the spacers, as described above, particularly using black colored spacers allows black display (dark display) reliably.

[0018] The surfaces of the spacers may be subjected to a process of controlling the orientation of the liquid crystal.

Specifically, irregular orientation of a liquid crystal sometimes occurs in the vicinity of the surfaces of the spacers to decrease contrast. However, providing a device to control the orientation on the surfaces of the spacers allows the orientation of the liquid crystal also on the surfaces of the spacers. This reduces or prevents occurrence of light leakage, and thus provides a liquid crystal device that seldom produces problems, such as deterioration in contrast. An example of the orientation control means includes a surface treatment that applies a long-chain alkyl group to the surface of the spacers with a silane coupling agent or the like.

[0019] The surfaces of the spacers may include a bonding layer to bond the spacers themselves onto the substrates. An example of the material for the bonding layer may include a thermosetting resin. The thermosetting resin is thus formed on the surfaces of the spacers, for example, after spacers has been arranged in certain positions between the substrates, they are subjected to heat treatment, so that the spacers can be stably fixed to the substrates, and thus the occurrence of problems such that the spacers float out of positions can be reduced or prevented.

[0020] Among the three structures of the structure in which the spacers are colored, the structure in which the surfaces of the spacers are subjected to a process of controlling the orientation of the liquid crystal, and the structure in which the surfaces of the spacers include a bonding layer for bonding the spacers themselves onto the substrate, one spacer may have one structure, two structure, or all of the three structures.

[0021] According to a second exemplary embodiment of the invention, there is provided a method for manufacturing a liquid crystal device in which a pair of substrates is opposed to each other through a seal member and a liquid crystal and spacers are contained in a sealed space enclosed with the pair of substrates and the seal member. The method includes: dropping a spacer dispersion liquid having the spacers dispersed in a predetermined solvent in certain positions on one of the pair of substrates with a droplet discharge unit; and placing the spacers by evaporating the solvent in droplets dropped on the substrate so as to arrange the spacers on all or part of the intersection points of a plurality of first parallel phantom lines extending in a first direction and a plurality of second parallel phantom lines extending in a second direction different from the first direction, with the spacers arranged separately, in aggregation, or in mixture thereof, the density of spacers being from 50 to $300/\text{mm}^2$ and the average number of spacers on all the intersection points being from 0.2 to 3.

[0022] Specifically, after a spacer dispersion liquid having the spacers dispersed in a predetermined solvent has been dropped in certain positions on the substrate with a droplet discharge unit, the solvent in droplets is evaporated, thereby arranging the spacers in fixed points on the substrate. At that time, the density and the average number of spacers contained in one droplet are limited as described above, so that a liquid crystal device with high display quality can be provided. As described above, the first direction in which the first phantom lines extend corresponds to the direction of arrangement of the droplet discharge nozzles of the droplet discharge unit. The second direction in which the second phantom lines extend corresponds to the scanning direction of the droplet discharge nozzles of the droplet discharge unit.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0023] The diameter of the droplet discharge nozzles of the droplet discharge unit is preferably at least 10 μm and at most 100 μm and, more preferably, at least 10 μm and at most 30 μm .

[0024] When the diameter of the droplet discharge nozzles is smaller than 10 μm , a general spacer with a diameter of about 2 to 10 μm will clog in the nozzles and a desired number of spacers in a droplet cannot be stably emitted. On the other hand, when the diameter of the nozzles is larger than 100 μm , the droplet does not become a perfect circle but a circle with a tail and adjacent droplets overlap due to excessive fluid volume, thus increasing probability that spacers are not arranged in desired positions.

[0025] The diameter of the droplet discharge nozzles is preferably at least twice as large as the diameter of the spacers. This is because if the diameter of the nozzles is smaller than twice the diameter of the spacers, the spacers may clog the nozzles or increase the variation in the number of spacers arranged in fixed points.

[0026] Also, the manufacturing method may further include the steps of forming a closed-frame-shaped seal member in the region in the surface of one of the pair of substrates; dropping the liquid crystal in the region enclosed with the seal member on the substrate having the seal member; and bonding the substrate having the seal member and the other substrate.

[0027] According to the manufacturing method, a liquid crystal is not injected by a vacuum injection method or the like after the substrates have been bonded together, but the liquid crystal is dropped on one of substrates before the substrates are bonded together and then the substrate is bonded to the other substrate. The use of the method allows not only the spacers but also the liquid crystal to receive the pressure during the bonding of the substrates, thus decreasing the number of spacers as compared with the conventional liquid crystal devices having an inlet. In other words, since the liquid crystal acts to receive part of the bonding pressure, the liquid crystal device with less spacers can bear the bonding pressure, thus keeping an even substrate spacing.

[0028] In the step of dropping the spacer dispersion liquid on the substrate, the droplet may be dropped at a spacing larger than the diameter of the droplet dropped on the substrate. The principle of arranging the spacers in fixed points by the droplet discharge method is as follows. After droplets containing spacers have been dropped in certain positions on a substrate, a solvent is evaporated. At that time, as the solvent evaporates gradually from the periphery of the droplets to decrease the center of each droplet, also the spacers gather at the center, so that the spacers are arranged in the center of the droplet. Accordingly, it is important that the droplets dropped on the substrate exist independently. Therefore, it is preferable to drop the droplets at a spacing larger than the diameter of the droplets dropped on the substrate. The reason is that if the droplets are connected together, the spacers will be positioned unstably, thus not necessarily being positioned at the center of each droplet.

[0029] An electronic device according to a third exemplary embodiment of the invention includes the above liquid crystal device. Having the liquid crystal device according to the invention allows an electronic device having a display with high display quality.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0030] FIG. 1 is a schematic circuit diagram of switching elements and signal lines in a liquid crystal device according to an exemplary embodiment of the present invention;

[0031] FIG. 2 is a plan view of the arrangement of a plurality of adjacent pixels on a TFT array substrate in the liquid crystal device;

[0032] FIG. 3 is a sectional view of the arrangement of a non-pixel region of the liquid crystal panel;

[0033] FIG. 4 is a schematic plan view of the outline of the overall layout of the liquid crystal device;

[0034] FIGS. 5A and 5B are plan views of an example of a state in which an average of 0.2 spacers exist per droplet in the process of arranging spacers in the liquid crystal device, where FIG. 5A shows a state immediately after dropping, and FIG. 5B shows a state after a solvent has been evaporated;

[0035] FIGS. 6A and 6B are plan views of an example of a state in which an average of three spacers exist per droplet in the process of placing spacers in the liquid crystal device, where FIG. 6A shows a state immediately after dropping, and FIG. 6B shows a state after a solvent has been evaporated;

[0036] FIG. 7 is a plan view of a state in which a spacer aggregate is formed in the process of placing spacers in the liquid crystal device;

[0037] FIG. 8 is a schematic of the arrangement of spacers;

[0038] FIG. 9 is a schematic of an arrangement when a spacer is given a surface treatment layer;

[0039] FIG. 10 is a schematic of an arrangement when a spacer is colored;

[0040] FIGS. 11A and 11B are schematics showing the effects of using the spacer of FIG. 9;

[0041] FIGS. 12A and 12B are schematics showing the effects of using the spacer of FIG. 10;

[0042] FIG. 13 is a flowchart of an example of a method for manufacturing a liquid crystal device;

[0043] FIG. 14 is a flowchart for an exemplary modification of the manufacturing method;

[0044] FIGS. 15A and 15B are schematics of a state in which droplets are dropped with a spacing smaller than the diameter of each droplet in the process of placing spacers;

[0045] FIG. 16 is a perspective view of the arrangement of a head of a droplet discharge unit used in the process of placing spacers;

[0046] FIG. 17 is a cross-sectional view of the arrangement of the head of the droplet discharge unit;

[0047] FIG. 18 is a cross-sectional view of a part of a nozzle hole of the head of the droplet discharge unit; and

[0048] FIGS. 19A to 19C are perspective views of examples of an electronic device according to the invention.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

DETAILED DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENTS

[0049] (Liquid Crystal Device)

[0050] An exemplary embodiment of the present invention is described below with reference to the drawings.

[0051] The following liquid crystal device is an active-matrix transmissive liquid crystal device that uses a thin film transistor (TFT) as a switching device.

[0052] FIG. 1 is a schematic circuit diagram of switching elements and signal lines in a plurality of pixels, in matrix form, of a transmissive liquid crystal device according of the exemplary embodiment.

[0053] FIG. 2 is a plan view of the arrangement of a significant part of a plurality of adjacent pixels on a TFT array substrate having data lines, scanning lines, pixel electrodes, and so on.

[0054] FIG. 3 is a sectional view of the arrangement taken along plane A-A' in FIG. 2; and FIG. 4 is a plan view of the planar structure of the entire transmissive liquid crystal device of the exemplary embodiment.

[0055] FIG. 3 shows a case with the upper part of the drawing as a light incidence side and the lower part as a viewing side (observer's side). Each of the drawings shows the layers and the components with different scales in order to make them more recognizable in the drawing.

[0056] As FIG. 1 shows, in the liquid crystal device of the exemplary embodiment, the plurality of pixels arranged in matrix form each include a pixel electrode 9 and a TFT element 30 acting as a switching element to control energization to the pixel electrode 9. A data line 6a to which image signals are supplied is electrically connected to the source of the TFT element 30. Image signals S1, S2 through Sn to be written to the data line 6a are sequentially supplied in this order or, alternatively, supplied to the adjacent data lines 6a for each group.

[0057] A scanning line 3a is electrically connected to the gate of the TFT element 30. Scanning signals G1, G2 through Gm are applied to a plurality of the scanning lines 3a with pulses in line sequence at a given timing. The pixel electrode 9 is electrically connected to the drain of the TFT element 30, wherein the TFT element 30 serving as a switching element is stayed on for a fixed period of time, so that the image signals S1, S2 through Sn that are supplied from the data line 6a are written at a given timing.

[0058] The image signals S1, S2 through Sn with a predetermined level, which are written to the liquid crystal through the pixel electrode 9, are held between it and a common electrode (described later) for a fixed period of time. The liquid crystal changes in the orientation and order of molecular association depending on the applied voltage level to modulate light, thereby allowing gray-scale display. In order to reduce or prevent leakage of the held image signals, a storage capacitor 70 is added in parallel with a liquid crystal capacitor that is formed between the pixel electrode 9 and the common electrode.

[0059] Referring to FIG. 2, the planar structure of the essential part of the liquid crystal device of the exemplary embodiment is described below. As FIG. 2 shows, a plurality of the rectangular pixel electrodes 9 (the outline is

indicated by dotted line 9A) is provided in matrix form on the TFT array substrate 30, the pixel electrode 9 being made of a transparent conductive material such as indium tin oxide (hereinafter, abbreviated to ITO). The data line 6a, the scanning line 3a, and a capacitor line 3b are disposed along the vertical and horizontal boundaries of the pixel electrode 9. In this exemplary embodiment, the region including the pixel electrode 9, and the data line 6a, the scanning line 3a, and the capacitor line 3b that are arranged to surround the pixel electrode 9 is a pixel, so that the exemplary embodiment is allowed to display for each pixel in matrix form.

[0060] The data line 6a constructs the TFT element 30. For example, the data line 6a is electrically connected to a source region (described below) of a semiconductor layer 1a, for example, made of a polysilicon film, through a contact hole 5. The pixel electrode 9 is electrically connected to a drain region (described below) of the semiconductor layer 1a through a contact hole 8. The scanning line 3a is arranged to face a channel region (indicated by leftward diagonal lines in the drawing) of the semiconductor layer 1a. The scanning line 3a acts as a gate electrode at a portion opposed to the channel region.

[0061] The capacitor line 3b includes a main line (a first region along the scanning line 3a, in plan view) extending substantially linearly along the scanning line 3a and a projecting part (a second region extending along the data line 6a, in plan view) projecting from a portion crossing the data line 6a toward a pre-stage (upward in the drawing) along the data line 6a. The region indicated by a rightward diagonally lines in FIG. 2 includes a plurality of first light-shielding films 11a.

[0062] Referring next to FIG. 3, the sectional structure of the liquid crystal device of the exemplary embodiment is described below. As described above, FIG. 3 is a cross-sectional view taken along plane A-A' in FIG. 2, showing the arrangement of the region including the TFT element 30. The liquid crystal device of the exemplary embodiment includes a liquid crystal layer 50 between a TFT array substrate 10 and an opposed substrate 20 opposed thereto.

[0063] The liquid crystal layer 50 is formed of a smectic liquid crystal that is a ferroelectric liquid crystal and has a high responsiveness of liquid crystal drive to voltage change. The TFT array substrate 10 includes a substrate body 10A made of a translucent material, such as quartz, and the TFT element 30, the scanning line 3a, the capacitor line 3b, the data line 6a, the pixel electrode 9, and an alignment layer 40 which are formed on the surface of the 10A adjacent to the liquid crystal layer 50. The opposed substrate 20 is formed of a substrate body 20A made of a translucent material such as glass and quartz, and a common electrode 21 and an alignment layer 60 formed on the surface of the substrate body 20A adjacent to the liquid crystal layer 50. The substrates 10 and 20 keep a predetermined space therebetween through a spacer 15. FIG. 3 shows the spacer 15 that exists separately above the data line 6a. In this manner, the exemplary embodiment has the spacer 15 in a non-pixel region. The "non-pixel region" denotes a region that includes wires, such as the data line 6a, the scanning line 3a, and the capacitor line 3b and the TFT element 30 and is not involved in display substantially.

[0064] The TFT array substrate 10 has the pixel electrodes 9 on the surface of the substrate body 10A adjacent to the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

liquid crystal layer 50 and has the pixel-switching TFT elements 30 at positions adjacent to the pixel electrodes 9 to control the switching of the pixel electrodes 9. The each TFT element 30 has a lightly doped drain (LDD) structure and includes a scanning line 3a, a channel region 1a' of the semiconductor layer 1a in which a channel is formed by the electric field from the scanning line 3a, a gate insulating film 2 to insulate the scanning line 3a from the semiconductor layer 1a, the data line 6a, a lightly doped source region 1b and a lightly doped drain region 1c of the semiconductor layer 1a, and a heavily doped source region 1d and a heavily doped source region 1e of the semiconductor layer 1a.

[0065] A second layer-insulating film 4 having the contact hole 5 that communicates with the heavily doped source region 1d and the contact hole 8 that communicates with the heavily doped source region 1e is formed above the substrate body 10A including the area on the scanning line 3a and the gate insulating film 2. In other words, the data line 6a is electrically connected to the heavily doped source region 1d through the contact hole 5 that passes thorough the second layer-insulating film 4.

[0066] A third layer-insulating film 7 having the contact hole 8 that communicates with the heavily doped source region 1e is formed on the data line 6a and the second layer-insulating film 4. In other words, the heavily doped source region 1e is electrically connected to the pixel electrode 9 through the contact hole 8 that passes through the second layer-insulating film 4 and the third layer-insulating film 7.

[0067] In this exemplary embodiment, a storage capacitor 70 is constructed such that the gate insulating film 2 extending from the position opposed to the scanning line 3a is used as a dielectric film; the semiconductor layer 1a is extended to form a first storage capacitor electrode 1f; and a part of the capacitor line 3b opposed thereto is used as a second storage capacitor electrode.

[0068] The region that has the pixel-switching TFT elements 30 on the surface of the substrate body 10A of the TFT array substrate 10 adjacent to the liquid crystal layer 50 includes the first light-shielding film 11a to reduce or prevent light that passes through the TFT array substrate 10 and is reflected by the lower surface of the TFT array substrate 10, viewed in the drawing, (the interface between the TFT array substrate 10 and air) to return to the liquid crystal layer 50 from entering at least the channel region 1a' of the semiconductor layer 1a, the lightly doped source regions 1b and 1c.

[0069] Also, a first layer-insulating film 12 is formed between the first light-shielding film 11a and the pixel-switching TFT element 30, to electrically insulate the semiconductor layer 1a that forms the pixel-switching TFT element 30 from the first light-shielding film 11a. As FIG. 2 shows, in addition to the first light-shielding film 11a on the TFT array substrate 10, the first light-shielding film 11a is electrically connected to the pre-stage or next-stage capacitor line 3b through a contact hole 13.

[0070] Furthermore, an alignment layer 40 is formed on the outermost surface of the TFT array substrate 10 adjacent to the liquid crystal layer 50, that is, on the pixel electrode 9 and the third layer-insulating film 7, to control the orientation of liquid crystal molecules in the liquid crystal layer

50 during a no-voltage-applied state. Accordingly, in the region having such the TFT element 30, the outermost surface of the TFT array substrate 10 adjacent to the liquid crystal layer 50, that is, a surface that holds the liquid crystal layer 50 has a plurality of projections and recesses, or steps.

[0071] On the other hand, the opposed substrate 20 has a second light-shielding film 23 on the surface of the substrate body 20A adjacent to the liquid crystal layer 50 and in the region facing the region having the data line 6a, the scanning line 3a, and the TFT element 30, that is, in the region other than the opening region of each pixel, to reduce or prevent incident light from entering the channel region 1a' of the semiconductor layer 1a and the lightly doped source regions 1b and 1c of the pixel-switching TFT element 30. Furthermore, the substantially whole surface of the substrate body 20A adjacent to the liquid crystal layer 50, which has the second light-shielding film 23, has a common electrode 21 made of ITO or the like, and an alignment layer 60 is formed on the surface adjacent to the liquid crystal layer 50, to control the orientation of liquid crystal molecules in the liquid crystal layer 50 during a no-voltage-applied state.

[0072] FIG. 4 is a schematic plan view of an example of the overall layout of a liquid crystal device 100 according to the exemplary embodiment. The liquid crystal layer 50 is formed between the TFT array substrate 10 and the opposed substrate 20 such that it is sealed with a closed-ring-shaped seal member 93. Specifically, the seal member 93 of the liquid crystal device 100 according to the exemplary embodiment has no inlet for a liquid crystal and has a closed rectangular shape in the plane of the substrates 10 and 20. The seal member 93 is not exposed to the outer rims of the substrates 10 and 20 and has a closed frame shape having no opening opened to the outer rims of the substrates 10 and 20.

[0073] In the exemplary embodiment, as described above, the non-pixel region between the pair of substrates 10 and 20 that sandwich the liquid crystal layer 50 therebetween has the spacers 15, and the inside of the seal member 93 of FIG. 4 has the spacers 15 with a density of 50 to 300/mm and an average of 0.2 to 3 each point where the spacer 15 exists separately or in aggregation.

[0074] FIGS. 5A-6B show the arrangement of the spacers 15 in the substrate surface. FIGS. 5A and 5B show an image in which an average of 0.2 spacers exists per droplet, and FIGS. 6A and 6A show an image in which an average of three spacers exist per droplet. FIGS. 5A and 6A show a state immediately after dropping, and FIGS. 5B and 6B show a state after a solvent has been evaporated. A circle 17 with shading indicates a droplet dropped on the substrate and a circle 15 indicates a spacer.

[0075] As shown in the drawings, since the spacers 15 are arranged with a droplet discharge unit (described below), they are not irregularly arranged at all. They are separately arranged in the vicinity of the intersection points of a plurality of first parallel phantom lines K1 that extends at least in one direction and a plurality of second parallel phantom lines K2 that extends in the direction perpendicular to the first phantom lines K1 in a non-pixel region 18 outside a pixel region 19. The first phantom lines K1 indicate the direction of the arrangement of a plurality of droplet discharge nozzles of the droplet discharge unit. The second phantom lines K2 indicate the scanning direction of the plurality of droplet discharge nozzles. In this exemplary

THIS PAGE BLANK (USPTO)

embodiment, the first phantom lines K1 and the second phantom lines K2 cross at right angles. However, the phantom lines may not necessarily cross at right angles. In other words, the direction of arrangement and the scanning direction of the droplet discharge nozzles of the droplet discharge unit may form angles other than the right angles.

[0076] As clearly shown in FIGS. 5A and 5B, the fact that an average of 0.2 spacers exist for each droplet 17 indicates that among any ten droplets, there are two droplets that contain one spacer and remaining eight droplets have no spacer. Also clearly shown in FIGS. 6A and 6B, the number of the spacers 15 contained in each droplet 17 cannot be controlled. For example, an average of three droplets does not indicate that all the droplets have three spacers 15 each. The spacers 15 in one droplet exist separately or in aggregation or in mixture thereof.

[0077] In the liquid crystal device according to the exemplary embodiment, since the arrangement of the spacers 15 is enhanced or optimized to set the density from 50 to 300/mm² and to set the average number of spacers 15 per droplet from 0.2 to 3, problems, such as light leakage and a decrease in contrast due to the spacers 15, can be sufficiently reduced, so that display quality can be enhanced.

[0078] For example, when the density of the spacers 15 becomes lower than 50/mm², the distance between the substrates cannot be sufficiently held by the spacers 15 to increase the unevenness in cell thickness, thereby significantly decreasing display quality. On the other hand, when the density of the spacers 15 becomes higher than 300/mm², a problem called a vacuum bubble occurs at low temperature. When the average number of spacers 15 for one droplet is smaller than 0.2, a droplet having no spacer 15 increases excessively to cause variation in the arrangement of the spacers 15 and thus increases the unevenness in the cell thickness, which significantly decreases display quality. Contrarily, when the average number for one droplet is larger than three, the spacers 15 in the form of aggregate increase excessively, as shown in FIG. 7, and a large spacer aggregate 15A sometimes extends off the non-pixel region 18 into the pixel region 19. This not only causes unevenness in cell thickness but also increases light leakage and mis-orientation to significantly reduce display quality.

[0079] Although the exemplary embodiment has a structure based on achromatic display, it may include a color filter layer for color display. Specifically, it is also possible to dispose a color filter layer having a color layer and a light-shielding layer (black matrix) inside the upper substrate (opposed substrate) 20, and to form a protective layer in sequence to protect the color filter layer, and then to form the common electrode 21 on the protective layer. The display region has different color layers such as red (R), green (G), and blue (B). Therefore, the color display regions form respective pixels to allow color display for each pixel. Although the exemplary embodiment takes the active matrix liquid crystal device as an example, the invention may also be applied to, for example, a passive matrix liquid crystal device.

[0080] The structure of the spacers 15 used in the liquid crystal device of the exemplary embodiment is described below. Each spacer 15 may be formed of a spherical member made of silicon dioxide, polyethylene, or the like. The diameter of the spacer 15 is set in agreement with the

thickness (cell thickness, or substrate spacing) of the liquid crystal layer 50 to be sealed in the liquid crystal device, for example, within the range from 2 to 10 μ m.

[0081] As FIG. 8 shows, the spacer 15 may be one having a thermosetting resin layer 150 thereon. In this case, the thermosetting resin is cured so that the spacer 15 is firmly secured to the lower substrate (TFT array substrate) 10 and the upper substrate (opposed substrate) 20. For example, in the process of manufacturing the liquid crystal device, after the spacers 15 are sprayed on a substrate (opposed substrate 20) different from a substrate (for example, the TFT array substrate 10) on which liquid crystal is dropped, it is subjected to heat treatment so that the thermosetting resin is cured. Thus, the spacers 15 can be fixed to the opposed substrate 20.

[0082] As FIG. 9 shows, the spacer 15 may have a surface treated layer 151 that is given a long-chain alkyl group thereon. A surface treatment with a silane coupling agent can be used to provide the surface treated layer 151 having the long-chain alkyl group. As FIG. 11A shows, the use of the spacer 15 having no surface treated layer 151 may cause mis-orientation of liquid crystal molecules in the vicinity of the surface of the spacer 15, which may cause light leakage there. On the other hand, the use of a spacer 15a having the surface treated layer 151 allows liquid crystal molecules to be oriented in a predetermined direction (vertically in this exemplary embodiment) in the vicinity of the surface of the spacer 15a, thus causing less light leakage there.

[0083] The spacer may be colored. A spacer 15b in FIG. 10 is an example of a black colored spacer. For example, as FIG. 12A shows, the use of the uncolored spacer 15 will generate luminous dot display corresponding to the spacer during black display (dark display), which may sometimes cause a decrease in contrast. On the other hand, as FIG. 12B shows, the use of the colored spacer 15b of FIG. 10 generates no luminous dot display corresponding to the spacer during black display (dark display). During white display (light display), dark dot display corresponding to the spacer may occur. However, the effect on a decrease in contrast is lower than that of the generation of luminous dot display during black display (dark display).

[0084] (Method for Manufacturing Liquid Crystal Display)

[0085] A method for manufacturing the liquid crystal display according to the exemplary embodiment is described below with reference to FIGS. 3 and 13 to 17.

[0086] As shown in step S1 of FIG. 13, the light-shielding film 11a; the first layer-insulating film 12, the semiconductor layer 1a, the channel region 1a', the lightly doped source region 1b, the lightly doped drain region 1c, the heavily doped source region 1d, the heavily doped source region 1e, the storage capacitor electrode 1f, the scanning line 3a, the capacitor line 3b, the second layer-insulating film 4, the data line 6a, the third layer-insulating film 7, the contact hole 8, the pixel electrode 9, and the alignment layer 40 are formed on the lower substrate body 10A made of glass or the like to form the lower substrate (TFT array substrate) 10. Also on the upper substrate body 20A, the light-shielding film 23, the opposed common electrode 21, and the alignment layer 60 are formed to form the upper substrate (opposed substrate) 20.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0087] In step S2 of FIG. 13, a predetermined amount of liquid crystal corresponding to the cell thickness of the liquid crystal device is dropped on the lower substrate (TFT array substrate) 10. Subsequently, in step S3 of FIG. 13, the seal member 93 is printed on the upper substrate 20 and, in step S4, the spacers 15 are arranged on the upper substrate 20 with an ink-jet unit. In this case, the seal member 93 is formed in a closed frame shape having no liquid crystal inlet, as shown in FIG. 4. As described above, the density of the spacers 15 in a spacer dispersion liquid to be prepared in the ink-jet unit is controlled so that there are the spacers 15 with a density of 50 to 300/mm² and an average of 0.2 to 3 per droplet.

[0088] The conditions for the ink-jet unit must be set so as to drop the droplets 17 at a spacing larger than the diameter of the droplet 17 which expands on the upper substrate 20 when dropped thereon. The spacers 15 can be arranged in fixed points by the ink-jet method in such a way that the droplets 17 containing the spacers 15 are dropped properly in certain positions on the substrate from the head of the ink-jet unit and, the solvent is evaporated gradually from the periphery of the droplets 17 after the droplets 17 have been dropped to decrease the center of the droplet 17 in size, so that the spacers 15 are concentrated to the center, and thus the spacers 15 are arranged near the center of the droplet 17. Accordingly, it is important that the droplets 17 dropped on the substrate are separated from one another. Therefore, it is desirable to drop the droplets 17 with a spacing larger than the diameter of each droplet 17 when dropped on the substrate. If the droplets 17 are dropped with a spacing smaller than the diameter of the droplets 17 so that adjacent droplets 17 are connected with one another, as shown in FIG. 15A, each of the spacers 15 is not always positioned at the center of the droplet 17 when the solvent has been evaporated, so that some spacers 15 may be arranged in the pixel region 19, as shown in FIG. 15B.

[0089] FIGS. 16 and 17 show an example of the structure of a head 26 of the ink-jet unit used here. The ink-jet head 26 includes a nozzle plate 31 made of stainless steel or the like and a diaphragm 32, which are joined together through a partition member (reservoir plate) 33, as shown in FIG. 16. Between the nozzle plate 31 and the diaphragm 32, a plurality of spaces 34 and a fluid reservoir 35 are formed with the partition member 33. The spaces 34 and the fluid reservoir 35 are filled with a spacer dispersion liquid and are communicated with one another through a supply port 36. The nozzle plate 31 has nozzle holes 37 to emit a jet of the spacer dispersion liquid from the spaces 34. On the other hand, the diaphragm 32 has a hole 38 to supply the spacer dispersion liquid to the fluid reservoir 35.

[0090] As FIG. 17 shows, the surface of the diaphragm 32 opposite to the surface facing the spaces 34 has a piezoelectric element 39 joined thereto. The piezoelectric element 39 is located between a pair of electrodes 41 and is deflected toward the exterior when energized, and at the same time, the diaphragm 32 to which the piezoelectric element 39 is joined is also deflected together to the exterior. This increases the capacity of the spaces 34. Accordingly, the spacer dispersion liquid corresponding to the increased capacity flows from the fluid reservoir 35 into the spaces 34 through the supply port 36. When the energization to the piezoelectric element 39 is then cancelled, both of the piezoelectric element 39 and the diaphragm 32 return to the

original shape. This also returns the spaces 34 to its initial capacity, thus increasing the pressure of the spacer dispersion liquid in the spaces 34, so that droplets 27 of the spacer dispersion liquid are discharged from the nozzle holes 37 toward the substrate.

[0091] With this exemplary embodiment, as FIG. 18 shows, the diameter R of each nozzle hole 37 is set to at least 10 μ m and at most 100 μ m and to satisfy $R > 2r$ where r is the diameter of the spacer 15. This is because when the diameter R is smaller than 10 μ m, a specific amount of a spacer dispersion liquid 16 (viscosity: 1 to 30 mPas) containing the spacers 15 cannot be discharged stably, causing variation in the amount of dropping itself and also the average number of spacers per dropped point. On the other hand, when the diameter R is larger than 100 μ m, the droplets do not become complete circles but become a shape with a tail. The unstable shape increases the probability that the spacers 15 are not arranged in desired positions. When the diameter R is smaller than double the diameter r of the spacer 15, the probability that the spacers 15 clog the nozzle holes 37 increases to increase the variation in the number of the spacers 15 arranged in fixed points.

[0092] Although the exemplary embodiment has one piezoelectric element 39 and one space 34 for each nozzle, also it is expected that a head of the ink-jet unit having a plurality of nozzles for one piezoelectric element may offer the similar effects.

[0093] In step S5 of FIG. 13, the lower substrate 10 and the upper substrate 20 are bonded together and an optical film, such as a retardation film or a polarizer (not shown), is bonded to the outside of the lower substrate 10 and the upper substrate 20, so that the liquid crystal device having the cell structure of FIG. 3 is made.

[0094] On the other hand, another example of the method for manufacturing the liquid crystal device of the aforesaid exemplary embodiment includes the following process shown in FIG. 14. As in step S11 of FIG. 14, the alignment layer 40 and so on are formed on the lower substrate body 10A made of glass or the like to form the lower substrate (TFT array substrate) 10, in a manner similar to step S1 of FIG. 13. Also on the upper substrate body 20A, the alignment layer 60 and so on are formed to make the upper substrate (opposed substrate) 20.

[0095] In step 12 of FIG. 14, the closed-frame-shaped seal member 93 having no liquid crystal inlet is printed on the lower substrate (TFT array substrate) 10, as in the above. In step S13 of FIG. 14, a fixed amount of liquid crystal is then dropped inside the closed-frame-shaped seal member 93. Subsequently, in step S14 of FIG. 14, the spacers 15 are arranged on the upper substrate 20 with the ink-jet unit. Also in this case, the density of the spacers 15 in a spacer dispersion liquid to be prepared in the ink-jet unit is controlled so that there are the spacers 15 with a density of 50 to 300/mm² and an average of 0.2 to 3 per droplet.

[0096] In step S15 of FIG. 14, the lower substrate 10 and the upper substrate 20 are bonded together and an optical film, such as a retardation film or a polarizer, is bonded to the outside of the lower substrate 10 and the upper substrate 20, so that the liquid crystal device having the cell structure of FIG. 3 is made.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0097] (Exemplary Electronic Device)

[0098] A specific example of an electronic device equipped with the liquid crystal device according to the exemplary embodiment is described below.

[0099] FIG. 19A is a perspective view of an example of a cellular phone. In FIG. 19A, numeral 500 denotes a cellular phone body and numeral 501 indicates a liquid crystal display section having the liquid crystal device according to the exemplary embodiment.

[0100] FIG. 19B is a perspective view of an example of a portable information processor, such as a word processor or a personal computer, for example. In FIG. 19B, numeral 600 denotes an information processor, numeral 601 indicates an input section, such as a keyboard, numeral 603 indicates an information processor body, and numeral 602 designates a liquid crystal display section having the liquid crystal device according to the exemplary embodiment.

[0101] FIG. 19C is a perspective view of an example of a wristwatch electronic device. In FIG. 19C, numeral 700 denotes a watch body and numeral 701 indicates a liquid crystal display section having the liquid crystal device according to the exemplary embodiment.

[0102] Since the electronic devices shown in FIGS. 19A to 19C include one of the liquid crystal devices according to the exemplary embodiments, they have a display section with an excellent display quality.

[0103] The scope of the technique of the invention is not limited to the aforesaid exemplary embodiment and various modifications may be made in the invention without departing from the scope of the invention. For example, although the exemplary embodiment takes an example of a manufacturing method in which a closed seal member having no liquid crystal inlet is provided, and after a liquid crystal has been dropped on one substrate, the other substrate is bonded thereto. In place of the structure, a method may be adopted in which a partly opened seal member having a liquid crystal inlet is provided, and after two substrates have been bonded together, a liquid crystal is injected by a vacuum injection method. Although the exemplary embodiment takes an active matrix transmissive liquid crystal device that uses a TFT element as an example of a liquid crystal device to be manufactured, it is to be understood that the invention is not limited to that and is obviously applied to various liquid crystal devices.

EXAMPLE 1

[0104] The inventors evaluated the characteristics of the liquid crystal device according to the invention. The evaluations are as follows:

[0105] A liquid crystal cell with a substrate of 400 mm×500 mm in size, substrate spacing of 6 μm , and different density of spacers was produced actually by the method of arranging spacers with the ink-jet unit, described in the above exemplary embodiment, and the evenness of substrate spacing and the presence of occurrence of cold bubbles were evaluated. The spacers were controlled so that an average number of spacers per droplet is two and the density of the spacers was varied to six variations of 10, 50, 100, 150, 300, and 400/mm². The evaluations are shown in Table 1.

[0106] In Table 1, for “the evenness of substrate spacing,” mark ○ indicates one that exhibited no uneven display due to uneven cell thickness and mark x indicates one that exhibited uneven display by visual check. For “the presence of occurrence of cold bubbles,” mark ○ exhibited no occurrence of bubbles and mark x indicates one that exhibited occurrence of bubbles by visual check.

TABLE 1

Density of Spacers (/mm ²)	Evenness of Substrate Spacing	Occurrence of Cold Bubbles
10	X	○
50	○	○
100	○	○
150	○	○
300	○	○
400	○	X

[0107] As clearly shown in Table 1, ones with a spacer density of 10/mm² caused uneven cell thickness and ones with a spacer density of 400/mm² caused cold bubbles, both of them were inferior in quality. On the other hand, we have observed that setting the density of the spacers within the range of 50 to 300/mm² will generate no uneven display due to uneven cell thickness, thus providing a liquid crystal cell that exhibits no occurrence of cold bubbles and is superior in display quality. The inventors have already confirmed that setting the density of the spacers within the range of 50 to 300/mm² can reduce the occurrence of display failure even by the related art spacer dispersing method without the ink-jet unit, which agrees also with the result of this experiment.

EXAMPLE 2

[0108] A liquid crystal cell with an average number of spacers per droplet different from that of Example 1 was actually produced using the liquid crystal cell as in Example 1, with the density of the spacers limited within the range of 50 to 300/mm², wherein the presence of deterioration in display quality due to uneven cell thickness and the presence of deterioration in display quality owing to light leakage due to a spacer aggregate and uneven cell thickness were evaluated. The average number of spacers per droplet was varied to seven variations of 0.08, 0.2, 0.5, 1, 3, 4, and 5. The results are shown in Table 2.

[0109] In Table 2, for the presence of deterioration in display quality due to uneven cell thickness, mark ○ indicates one that exhibited no deterioration in display quality due to uneven cell thickness because the number of spacers is too small, and mark x indicates one that exhibited uneven display by visual check. For the presence of deterioration in display quality owing to light leakage due to a spacer aggregate and uneven cell thickness, mark ○ indicates one that exhibited no deterioration in display quality owing to light leakage due to a spacer aggregate and uneven cell thickness, and mark x indicates one that exhibited deterioration in display quality by visual check. It can be determined whether the number of spacers is too small or large because when too few spacers exist, hazy unevenness is viewed and when too many spacers exist, luminous-dot-like light leakage due to aggregation of spacers is viewed.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

TABLE 2

Average Number of Spacers per Droplet	Deterioration in Display Quality Due to Uneven Cell Thickness	Deterioration in Display Quality Owing to Light Leakage Due to Spacer Aggregate and Uneven Cell Thickness
0.08	X	○
0.2	○	○
0.5	○	○
1	○	○
3	○	○
4	○	X
5	○	X

[0110] As clearly shown in Table 2, even when the average number of spacers per droplet is 0.08, among all points at which droplets were dropped by the ink-jet unit, the number of points that have no spacers is in excess of ninety percent, even if the condition of density of 50 to 300/mm² is satisfied. Such points are too large in number, thus resulting in deviation of the arrangement of spacers to cause uneven cell thickness. When the average number of spacers per droplet becomes larger than three, a giant spacer aggregate may increase in number to cause deterioration in display quality due to light leakage which may be apparently caused by the spacer aggregate and uneven cell thickness.

[0111] Table 3 shows the density of spacers (in the column) determined by the droplet spacing when a spacer dispersion liquid is dropped by the ink-jet unit (the vertical axis of the table, or the area on the substrate that has one droplet) and the average number of spacers per droplet (the horizontal axis of the table). For example, 40×40 in the vertical axis of Table 3 indicates that the droplet spacing in the X-axis scanning direction of the ink-jet unit is 40 μm and the droplet spacing in the Y-axis scanning direction is 40 μm. Setting to the combination of the droplet spacing and the average number of spacers per droplet within the range surrounded by a bold line in Table 3 will achieve the arrangement of spacers in the liquid crystal device according to the invention.

TABLE 3

Droplet Spacing (μm)	Average Number of Spacers						
	0.08	0.2	0.5	1	3	4	5
40 × 40	50	125	313	625	1875	2500	3125
50 × 50	32	80	200	400	1200	1600	2000
60 × 60	22	56	139	278	833	1112	1390
90 × 60	15	37	93	185	556	740	925
100 × 80	10	25	63	125	375	500	625
100 × 100	8	20	50	100	300	400	500
120 × 100	7	17	42	83	250	332	415

EXAMPLE 3

[0112] A liquid crystal cell with the diameter of a droplet discharge nozzle of the ink-jet unit different from that of Examples 1 and 2 was actually produced using the liquid crystal cell as in Examples 1 and 2, with the density of the spacers limited within 50 to 300/mm², the average number of spacers per droplet to two, and the diameter of spacers to 4 μm, where three items of the stability of the average

number of spacers per point, the stability of the shape of droplets, and the stability of fluid volume per droplet were evaluated. The diameter of the nozzle's opening was varied to five variations of 6, 10, 30, 100, and 150 μm. The results are shown in Table 4.

[0113] In Table 4, for the stability of the average number of spacers per point, mark x indicates one that exhibited no stability at all and large variations in the number of spacers, mark A indicates one with slight variations in the number of spacers, and mark ○ indicates one that exhibits sufficient stability in the number of spacers by visual check. For the stability of the shape of droplets, mark x indicates one that exhibited a droplet with a tail in unstable shape, and mark ○ indicates one that provided a circle droplet with stability by visual check. For the stability of fluid volume per droplet, mark x indicates one that exhibited no stability of fluid volume at all due to clogging of the nozzles by visual check, and mark Δ indicates one that exhibited slight variation in fluid volume, and mark ○ indicates one with sufficiently stable fluid volume.

TABLE 4

	Diameter of Nozzle (μm)				
	6	10	30	100	150
Stability of Average Number of Spacers per point	X	○	○	Δ	Δ
Stability of Shape of Droplet	○	○	○	○	X
Stability of Fluid Volume per Droplet	X	○	○	Δ	Δ

[0114] As clearly shown in Table 4, when the diameter of the nozzle's opening was set to 6 μm, the nozzle was clogged with the spacer of 4 μm in diameter, so that both of the fluid volume and the number of spacers were unstable. On the other hand, when the diameter of the nozzle's opening was set to 150 μm, the fluid volume itself was increased. Accordingly, both the fluid volume and the number of spacers were slightly unstable and many droplets had a shape with a tail, which were not stable at all. On the other hand, with the diameter of the nozzle's opening within the range of 10 to 100 μm, the three items of the liquid volume, the number of spacers, and the shape of droplets were almost stable. However, with the diameter of the nozzle's opening at 100 μm, both the fluid volume and the number of spacers were slightly varied and with the diameter of the nozzle's opening at 10 μm and 30 μm, they were completely stable.

[0115] In summary, the results of Examples 1 and 2 show that both the display failure due to too few spacers and the display failure due to too many spacers can be reduced and in order to maintain a good display quality, it is preferable to set the density of the spacers from 50 to 300/mm² and to set the average number of spacers per droplet from 0.2 to 3. Furthermore, the result of Example 3 shows that in order to realize the arrangement of the spacers with stability, it is preferable to set the diameter of the nozzle's opening of the ink-jet unit to be used within the range of 10 to 100 μm (more preferably, 10 to 30 μm).

What is claimed is:

1. A liquid crystal device, comprising:
 - a seal member;
 - spacers;

THIS PAGE BLANK (USPTO)

a pair of substrates opposed to each other through the seal member defining a sealed space; and

a liquid crystal, the liquid crystal and the spacers being contained in the sealed space enclosed with the pair of substrates and the seal member;

the spacers being placed on at least a part of intersection points of a plurality of first parallel phantom lines extending in a first direction and a plurality of second parallel phantom lines extending in a second direction different from the first direction with the spacers arranged separately, in aggregation, or in mixture thereof; and

the density of spacers being from 50 to 300/mm², and an average number of spacers on all the intersection points being from 0.2 to 3.

2. The liquid crystal device according to claim 1, the spacers being placed in a non-pixel region.

3. The liquid crystal device according to claim 2, further comprising:

a light-shielding layer corresponding to the non-pixel region.

4. The liquid crystal device according to claim 1, the spacers being colored.

5. The liquid crystal device according to claim 1, the surfaces of the spacers being subjected to a process of controlling the orientation of the liquid crystal.

6. The liquid crystal device according to claim 1, the surfaces of the spacers including a bonding layer to bond the spacers themselves onto the substrates.

7. A method for manufacturing a liquid crystal device in which a pair of substrates is opposed to each other through a seal member and a liquid crystal and spacers are contained in a sealed space enclosed with the pair of substrates and the seal member, the method comprising:

dropping a spacer dispersion liquid having the spacers dispersed in a predetermined solvent in certain positions on one of the pair of substrates with a droplet discharge unit; and

placing the spacers by evaporating the solvent in droplets dropped on the substrate so as to arrange the spacers on at least a part of the intersection points of a plurality of first parallel phantom lines extending in a first direction and a plurality of second parallel phantom lines extending in a second direction different from the first direc-

tion, with the spacers arranged separately, in aggregation, or in mixture thereof, the density of spacers being from 50 to 300/mm², and an average number of spacers on all the intersection points being from 0.2 to 3.

8. The method for manufacturing the liquid crystal device according to claim 7,

the first direction in which the first phantom lines extend being the direction of arrangement of a plurality of droplet discharge nozzles of the droplet discharge unit; and

the second direction in which the second phantom lines extend being the scanning direction of the plurality of droplet discharge nozzles of the droplet discharge unit.

9. The method for manufacturing the liquid crystal device according to claim 7, the diameter of the droplet discharge nozzles of the droplet discharge unit being at least 10 μ m and at most 100 μ m.

10. The method for manufacturing the liquid crystal device according to claim 9, the diameter of the droplet discharge nozzle's opening being at least 10 μ m and at most 30 μ m.

11. The method for manufacturing the liquid crystal device according to claim 7, the diameter of the droplet discharge nozzle's opening being at least twice as large as that of the spacers.

12. The method for manufacturing the liquid crystal device according to claim 7, the method further comprising:

forming a closed-frame-shaped seal member in the region in the surface of one of the pair of substrates;

dropping the liquid crystal in the region enclosed with the seal member on the substrate having the seal member; and

bonding the substrate having the seal member and the other substrate.

13. The method for manufacturing the liquid crystal device according to claim 7, the dropping of the spacer dispersion liquid on the substrate including dropping the droplet at a spacing larger than the diameter of the droplet dropped on the substrate.

14. An electronic device, comprising:

the liquid crystal device according to claim 1.

* * * * *

THIS PAGE BLANK (USPTO)